



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

STK
Q3
m38

MATHEMATISCHE

STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES

URD

MAY 7 1991

NATURWISSENSCHAFTLICHE

MITTHEILUNGEN

AUS DEN

SITZUNGSBERICHTEN DER KÖNIGLICH
PREUSSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

HEFT IV.

APRIL 1893.

MIT TAFEL II.

BERLIN 1893.

VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

12. Über das Arbeiten mit dem in ein Polarisationsinstrument umgewandelten Polarisationsinstrument und über eine dabei in Betracht kommende einfache Methode zur Bestimmung des Grades der Doppelbrechung.

Von C. KLEIN.

(Vorgetragen am 9. Februar; — gedruckt im Bericht der Kommission für die Revision der Gesetze [St. XVIII]; — ausgegeben am 20. April.)

Als gegen Ende der sechsziger Jahre die Mineralogien sich dem Studium der mikroskopischen Verhältnisse und Gesteine zuwandten, wurde es von einigen Mineralogen empfunden, dass man kein Mittel besass, die Mineralien, so, wie sie mit Hilfe eines Nömann'schen Polarisationsinstrumentes sich darstellen lassen, in Dünnschliffen mit Polarisationsvorrichtungen versehenen Mikroskopen zu bringen.

Zwar glaubte 1872 GROTH,¹ dass diesem Zweck damals neues Polarisationsinstrument abgeholfen eine daraufhin abzielende Bemerkung findet sich in den neuesten Schriften,² allein, wie man alsbald fand, von GROTH gemachte Vorschlag bei der Unterteilung im Dünnschliff als nicht ausführbar als Folge dessen nicht zur Anwendung. Es blieb den Alten, und man nahm nach wie vor an, dass man nicht besitzen, um das erstrebte Ziel zu erreichen, namentlich, da doch schon damals nahezu alle

¹ Über Apparate und Beobachtungsmethoden bei mikroskopischen Untersuchungen. POGGEND. Annalen 1872 B. 144 f.

² Physikalische Krystallographie 1885 S. 6.

³ Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass in den Dünnschliffen körniger Gesteine, die einzelnen Mineraltheile nicht zu unterscheiden sind, um sie nach der genannten Methode zu untersuchen.

Händen hatten, mit denen sie die betreffenden Untersuchungen, ohne jede Umänderung an den Instrumenten vorzunehmen, hätten ausführen können.

Erst im Jahre 1878 trat eine Wandlung ein, indem durch die alsdann angegebenen Methoden der Umwandlung des Polarisationsmikroskops in ein Polarisationsinstrument ersteres zur Untersuchung der Mineralpartieen in Dünnschliffen bei Anwendung convergenten Lichtes eingerichtet wurde.

Wie bekannt hat VON LASAULX¹ die erste diesbezügliche Bekanntmachung veröffentlicht: er setzt auf den Polarisator Linsen zur Erzeugung stark convergenten Lichtes und entfernt aus dem Mikroskoptubus das Ocular, so dass das Interferenzbild nur vom Objectiv entworfen wird.

Danach kam BERTRAND² und zeigte, wie man durch Einschieben einer achromatischen Linse zwischen Objectiv und Ocular das von ersterem entworfene Interferenzbild durch ein schwaches Mikroskop, bestehend aus der neu eingeschobenen Linse als Objectiv und dem früheren Ocular als damit jetzt verbundenem Ocular, betrachten könne. Das Verfahren setzt voraus, dass (durch Aufsetzen von Condensorenlinen) das den Polarisator verlassende Licht stark convergent sei. Zur Prüfung der Erscheinungen im parallelen polarisirten Lichte, zur Untersuchung einer besonderen Stelle etwa, wird empfohlen die Linse im Tubus zu heben und so mit schwacher Vergrößerung zu operiren. BERTRAND macht mit Recht darauf aufmerksam (p. 97), dass die so disponirte Vorrichtung das Bild nicht umkehre.

Ich selbst hatte mich schon zwei Jahre vorher mit dem gleichen Probleme beschäftigt, war aber durch andere wissenschaftliche Arbeiten und den 1877 bewerkstelligten Umzug von Heidelberg nach Göttingen nicht in der Lage gewesen etwas darüber zu publiciren; so kam es, dass ich erst am 14. August 1878 der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen darüber Mittheilung machen konnte.³ Nach meinem Verfahren braucht man an dem Mikroskop überhaupt nichts zu ändern. Das Einfallen convergenten Lichtes auf das Praeparat ist gut, aber nicht unbedingt nöthig. Man sieht das Interferenzbild sich über der Frontlinse des Oculars bilden und kann es direct oder mit einer Loupe beobachten.⁴

¹ N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1878 S. 377—378. — Die Veröffentlichung ist vom 7. März.

² De l'application du Microscope à l'étude de la Minéralogie. Bulletin de la Soc. Min. de France 1878 T. I. p. 22 u. f., sowie p. 96 u. 97. — Die beiden Veröffentlichungen sind vom 11. April und 14. November. — Vergl. auch 1880 T. III p. 97.

³ Nachrichten von der k. Ges. der Wiss. zu Göttingen 1878 Nr. 14 S. 461.

⁴ Dass ich vor VON LASAULX und BERTRAND und zwar schon 1876 die in Rede stehende Methode kannte, hat mir mein ehemaliger Heidelberger Colleague, Prof. COHEN,

Die Vortheile und Nachtheile der drei genannten Methoden wog LASPEYRES 1880¹ in richtiger Weise gegen einander ab² und machte namentlich geltend, dass die von VON LASAULX und von mir die schärfsten Interferenzbilder, allerdings bei Verlust des Fadenkreuzes, ergäben, wogegen dieses letztere bei der Methode von BERTRAND erhalten bleibe und hier vergrösserte und in Folge dessen lichtschwächere Interferenzbilder gewonnen würden.

LASPEYRES verbindet bei seinem Mikroskop die BERTRAND'sche Linse insofern fest mit dem Ocular, als beide gleichzeitig hebbbar oder senkbar sind und schlägt ferner vor, zur Vergrösserung der Bilder bei der VON LASAULX'schen Methode die auf und ab bewegliche BERTRAND'sche Linse allein zu verwenden.³ — Beherzigenswerth sind auch seine Bemerkungen über das Notiren der genauen Lage der zu untersuchenden Platte zum Krystall und über die bekannte Bildumdrehung im Mikroskop und Nichtumdrehung des Interferenzbildes im Polarisationsapparat.⁴

Die eben erwähnten Hilfsmittel zur Untersuchung der Mineralparticen in Dünnschliffen wurden dadurch in's Leben eingeführt, dass,

dem ich sie mittheilte, in seinem Werke: Zusammenstellung petrographischer Untersuchungsmethoden 1884 S. 12 Anm. 1 bestätigt, und ich habe mich auf diese Bestätigung in meiner Prorektoratsrede, Göttingen 1886 S. 27 bezogen. Ich will und kann selbstverständlich damit nicht die Priorität reclamiren, möchte aber für mich die Thatsache der unabhängigen Entdeckung gewahrt sehen. Ich thue dies aus zwei Gründen, ein Mal, weil in neuerer Zeit, wie es scheint nicht ohne Absicht, wiederholt mein Name verschwiegen wird, während VON LASAULX und BERTRAND genannt werden, das andere Mal, weil auch in der seit jener Zeit in neuer Auflage erschienenen Mikr. Phys. der petr. wichtigen Mineralien von H. ROSENBUSCH 1892 S. 5 (woselbst noch ferner HAWES als Mitentdecker der Methode angegeben wird, von welcher Unterart derselben wird nicht angeführt) immer noch wie in der vorhergehenden Auflage gesagt ist, es sei durch die Genannten „ziemlich gleichzeitig und nahezu unabhängig von einander“ gezeigt worden, wie man sich des Mikroskops bei Beobachtungen im convergenten polarisirten Lichte bedienen könne. — Da dieser Ausspruch eine verschiedene Deutung zulässt, so möchte ich durch obige Darlegung constatiren, dass ich vor den Anderen und absolut unabhängig von ihnen meine Methode gefunden habe.

¹ Mineralogische Bemerkungen VII. Zeitschrift für Krystallographie 1880 Bd. IV S. 460 u. f.

² Im Gegensatz hierzu findet man in der neueren Litteratur Bemerkungen, die von einer geringen Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse zeugen. So schreibt LEMMANN, Molecularphysik 1888 I S. 20: „Von den verschiedenen Methoden hat sich die BERTRAND'sche als die zweckmässigste erwiesen und wurde desshalb von den Mechanikern meist adoptirt.“ — Hierbei ist ein Mal übersehen, dass nur die BERTRAND'sche Methode mechanische Änderungen erfordert und mit ihr die anderen gegeben sind und fernerhin, dass genannte Methode und die anderen in ganz besonderen Fällen ihre Vorzüge haben und die eine die andere nicht ersetzen kann.

³ Über eine Verwendung dieser Methode bei einfacher construirten Mikroskopen vergl. Nachrichten von der k. Ges. der Wiss. zu Göttingen 1884 S. 438 Anm. 2 und N. Jahrb. für Mineralogie u. s. w. 1885, Beilageband III, S. 543.

⁴ A. a. O. S. 442.

abgesehen von HARTNACK, von dem LASPEYRES sein Instrument verfertigen liess, in der Hauptsache von NACHET¹ in Paris, VOIGT und HOCHGESANG² in Göttingen, ZEISS in Jena und R. FUESS³ in Berlin Constructionen ersonnen wurden, die, die eine immer auf der andern fortbauend und sie verbessernd, schliesslich das zu Tage gefördert haben, was heute allgemein als am praktischsten gilt.

¹ Vergl. z. B. FORQUÉ et LÉVY, *Minéralogie micrographique* 1879 p. 27, woselbst ein NACHET'sches Mikroskop abgebildet ist.

² Vergl. C. KLEIN, *Optische Studien am Leucit*, *Nachr. v. d. kön. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen* 1884 S. 436 u. f., sowie *N. Jahrb. f. Mineralog. u. s. w.* 1885, Beilageband III, S. 540 u. f. — In diesen Mittheilungen habe ich unter Benutzung der BERTRAND'schen Angaben und Kritik der NACHET'schen Ausführungen Vorschläge für die Construction eines neuen Mikroskops gemacht und ein solches durch Hrn. VOIGT ausführen lassen. Wesentlich war es mir damals zunächst darum zu thun, neben einem grossen drehbaren Tisch, einen vorne freien, in bedeutenden Abständen orientirt heb- und senkbaren Tubus zu gewinnen, so dass Untersuchungen mit sehr schwachen und sehr starken Objectiven vorgenommen werden konnten. Eine solche Tubusconstruction ward zu jener Zeit von den renommirteren deutschen Firmen ebenso wenig als von Hrn. NACHET ausgeführt.

Diesem Tubus wurden die BERTRAND'schen Vorrichtungen eingefügt und es hatte damals die BERTRAND'sche Linse, um mit ihr nach den Angaben BERTRAND's operiren zu können (vergl. S. 222) eine vom Ocular unabhängige Bewegung. Da hierdurch wieder andere Nachteile erwachsen und man die erwähnte mikroskopische Beobachtung nach BERTRAND auch durch Heben des Gesammttubus des umgewandelten Instrumentes erreichen kann, so ist jene gesonderte Bewegung bei den neueren Instrumenten aufgegeben worden. Wie oben erwähnt, wandte sie auch LASPEYRES bei seinem durch HARTNACK construirten Mikroskope nicht mehr an.

³ Vergl. R. FUESS, *Über Mikroskope für krystallographische und petrographische Untersuchungen*. *N. Jahrb. für Min. u. s. w.* 1891, Beilageband VII, S. 55 u. f.

In dieser Arbeit ist R. FUESS bestrebt gewesen die bewährtesten Einrichtungen verschiedener Constructionen in einem neuen Instrumente zu vereinigen und ausserdem zahlreiche Verbesserungen selbst noch anzubringen. Dieselben sind theils von ihm ausgegangen, theils nach dem Vorgange von ABBE, BERTRAND, LIEBISCH, MALLARD, MICHEL-LEVY, SORBY u. A. dem Instrumente hinzugefügt, so dass dasselbe jetzt das Vollkommenste leistet, was zur Zeit zu leisten ist.

Ich gestatte mir zu der FUESS'schen Arbeit nur zu bemerken, dass ich es nicht gerechtfertigt finde, wenn von der BERTRAND'schen Linse als dem AMICI'schen Hilfsobjectiv (a. a. O. S. 62) gesprochen wird und zwar aus folgenden Gründen.

Nach JAMIN, *Cours de Physique* 1869 T. III p. 628, fig. 827; 1887 T. III p. 467, fig. 167, vergl. auch E. VERDET, *Leçons sur la Polarisation chromatique*, redigées par E. MASCART (ohne Jahresangabe) p. 52 und E. VERDET, *Leçons d'optique physique publiées par A. LEVISTAL* 1870 T. II p. 145, fig. 20, sowie LIEBISCH, *Physikalische Krystallographie* 1891 S. 453 u. f., war schon vor BERTRAND die von demselben angewandte Linsencombination bei den AMICI'schen Polarisationsinstrumenten bekannt.

Allein der Zweck, der bei der Zusammenstellung der ganzen Combination bei BERTRAND leitet, ist doch ein verschiedener gegenüber dem, der die AMICI'sche Construction bedingt. AMICI (*Annales de Chimie et de Physique* 1844, 3 sér. T. 12 p. 116; POGG. *Annalen* 1845 Bd. 64 S. 474, vergl. auch BABINET, *Comptes rendus* 1864 T. 9 p. 36) besitzt ein Polarisationsinstrument, bestehend, was die Linsencombination im Tubus anlangt, aus Objectiv und Ocular, schiebt, am Ende einer Röhre befindlich, ein schärferes Objectiv vor das bereits vorhandene vor, und bezweckt damit die stark di-

Wie schon LASPEYRES zutreffend hervorhebt (a. a. O. S. 460), werden die drei Methoden der Umwandlung des Polarisationsmikroskops in ein Polarisationsinstrument verschiedener Anwendung fähig sein.

Die BERTRAND'sche, welche unter Umständen (Wechsel der Ocularvergrößerung) die grössten, aber dann auch lichtschwächsten Bilder liefert, wird am meisten da in Betracht kommen, wo es sich darum handelt, genaue Messungen auszuführen; die Methoden nach von LASAULX und nach mir werden ihre Hauptanwendung bei sehr dünnen, schwach doppelbrechenden Objecten finden. Und zwar wird in dieser Hinsicht die von LASAULX'sche Methode am meisten leisten.

Um aber auch meine Methode, die in dieser Beziehung die Mitte zwischen den Methoden von von LASAULX und BERTRAND einnimmt, heranziehen zu können, schlägt A. LACROIX 1893,¹ allerdings ohne mich dabei zu nennen, folgendes Verfahren vor:

»On sait qu'il est possible d'observer très nettement les images d'interférence de la lumière convergente sans recourir à la lentille BERTRAND, en plaçant une loupe à une distance convenable au dessus de l'oculaire d'un microscope à lumière parallèle. J'ai fait construire par M. NACHET un oculaire tel que l'on peut remplacer la loupe dont il vient d'être question par la lentille supérieure de son oculaire N° 1.

Il suffit alors d'enlever la lentille inférieure de l'oculaire à réticule mobile, servant aux mesures ordinaires, et de visser cet appareil ainsi modifié sur mon nouvel oculaire. Les images que l'on obtient avec ce dispositif sont plus grandes qu'avec celui de von LASAULX, plus petites et plus nettes qu'avec celui de M. BERTRAND. On peut ainsi bénéficier des avantages des deux méthodes.»

Da Hr. LACROIX nicht zu wissen scheint, von wem die Methode herrührt, die er zu verbessern unternommen hat, so füge ich, auch zur Vermeidung von späteren Missverständnissen, hinzu, dass, nachdem ich dieselbe, wie im Eingang erwähnt, 1876 gefunden, im Jahre 1884 Hr. ÉMILE BERTRAND dieselbe ebenfalls ohne meine Autorschaft zu kennen wiederum gefunden hat. In einer Notiz: »Sur l'examen microscopique des roches en lumière polarisée convergente«,

vergirenden Strahlen, die die Krystallplatte verlassen, aufnehmen zu können. BERTRAND hat ein Mikroskop vor sich, das in ein Polarisationsinstrument umgewandelt werden soll und schiebt zu diesem Ende seine Linse zwischen Objectiv und Ocular ein. Wenn er damit auch dasselbe erreicht, was AMICI erlangt hat, so geht er doch von verschiedenem Standpunkt aus und jedenfalls mit einem anderen Instrumententheil vor. — Die AMICI'sche Vorrichtung war lange bekannt und Niemand wusste sie auf das Mikroskop anzuwenden. Erst BERTRAND kam auf diesen glücklichen Gedanken. Man sollte daher auch seiner Einschieblinse füglich den Namen der BERTRAND'schen Linse lassen.

¹ Minéralogie de la France et des ses colonies, 1893 p. XV—XVI.

die am 16. December 1884 gedruckt wurde, nachher aber, auf meine Reclamation hin, nicht weitere Verbreitung fand, schreibt Hr. BERTRAND nach Besprechung seiner und der VON LASAULX'schen Methode:

«Il est dans tous les cas plus simple d'employer la méthode que je vais indiquer.

On peut voir les courbes d'interférence, sans enlever l'oculaire, et en ne changeant rien à la disposition du microscope; il suffit d'examiner avec une loupe tenue à la main, ou fixée sur un tube à une distance convenable, l'anneau oculaire ou cercle de Ramsden, qui vient se former au dessus de l'oculaire. On voit alors les courbes d'interférence bien nettes et suffisamment grossies. Leur image vient se former un peu au dessus de l'anneau oculaire.»

Ich gehe nach dieser Klarstellung nun dazu über meinerseits anzugeben, wie man in bequemer Weise und unter Erhaltung des Fadenkreuzes nach meiner Methode das Interferenzbild sehen kann.

Jedes bessere Mikroskop ist mit den Ocularen HUYGHENS'scher Construction 1, 2, 3 versehen. Man hat nur nöthig, Ocular 1 in den Tubus einzuschalten und 2 darauf zu setzen, oder dies mit 3 zu thun oder aber die Combination 2 (im Tubus) und 3 (daraufgesetzt) zu verwenden, um sofort bei Einfallen convergenten polarisirten Lichts auf die Platte, Vorhandensein eines starken Objectivsystems und Analysators die Interferenzerscheinungen schön, deutlich und lichtstark zu sehen, ganz in der Weise wie es LACROIX nach seiner, aber umständlicheren Art beschreibt.

Diese neue Methode erfordert also gar keine weitere Vorbereitung. Man muss nur, wenn man Werth darauf legt, das Fadenkreuz centrisch zu haben, sich eine orientirt aufzusetzende Stülpe für das zweite Ocular machen lassen und auf diese selbst wieder das Nicol setzen, wenn es nicht in der Röhre angebracht ist. — Die neueren Instrumente von FUESS eignen sich ohne alle weiteren Umstände zu der Darstellung des Axenaustritts auf diese Weise, bei den von VOIGT und HOCHGESANG construirten müssen die Oculare etwas umgeändert werden. Ich habe Hrn. BRUNNÉE in Göttingen hierzu veranlasst, da nunmehr die von demselben gelieferten kleineren Instrumente genannte Vorrichtung an Stelle der früheren, vergl. S. 223 Anmerkung 3, bekommen sollen; erstere wird bis zu einem gewissen Grade die BERTRAND'sche zu ersetzen geeignet sein.

Hält man fest, dass bei Untersuchung feinerer Details im parallelen sowohl, als im convergenten, polarisirten Lichte die Lage der zu untersuchenden Platte gegen den Krystall hin, aus dem sie genommen wurde, genau bekannt sein muss, so wird es nützlich sein, sich folgender Tabelle zu bedienen, um in der Deutung der Lage

der Erscheinungen nicht irre zu gehen und zu wissen, von welchen Flächentheilen die betreffenden Interferenzbilder stammen,¹ wie das namentlich bei der Untersuchung orientirter Dünnschliffe wichtig wird.

Art der Untersuchung	Lage des Bildes gegen das Object	Lage des Interferenzbildes gegen das Object	Lage des Interferenzbildes gegen das Bild	Lage des Bildes bei gehobenem Tubus gegen das Object
Mikroskop ohne Polarisationsvorrichtung	Verwendet	—	—	—
NÖRREBERG'sches Polarisationsinstrument	—	Parallel	Verwendet	Verwendet
Umgewandeltes Polarisationsmikroskop. Methode nach VON LASAULX	—	Parallel	Verwendet	Verwendet
Methoden nach KLEIN	—	Verwendet	Parallel	Parallel
Methode nach BERTRAND	—	Verwendet	Parallel	Parallel

Wie bekannt, ist es bei mineralogisch-petrographischen Untersuchungen von grösstem Interesse, den Charakter der Doppelbrechung der betreffenden Mineralien zu bestimmen.

Bald nachdem Biot² im Jahre 1814 am Quarz und Beryll entdeckt hatte, dass dieselben einander entgegengesetzte polarisirende Wirkungen ausüben, Eigenschaften, die er im Nachtrag zu seiner Arbeit (p. 28)

¹ Hierbei ist an die Stelle der von BERTRAND vorgeschlagenen Methode, die BERTRAND'sche Linse zu heben, die getreten, vermöge deren man bei gehobenem Tubus das Bild des Objects schwach vergrössert sieht.

² Biot, Sur la decouverte d'une propriété nouvelle dont jouissent les forces polarisantes de certains cristaux. (Lu à l'Institut le 25 avril 1814.) Mém. de la Classe des sciences mathém. et physiq. de l'Institut impérial de France. Année 1812. Paris 1814 p. 19; sowie Addition au Mémoire: Sur les deux genres de polarisation exercés par les cristaux doués de la double réfraction. (Lu à l'Institut le lundi 15 mai 1814.)

als *polarisation quartzeuse* und *polarisation béryllée* unterschied, wies er nach, dass andere Mineralien sich ebenfalls diesen Gruppen einreihen lassen und zu der des Berylls z. B. der Kalkspath gehört.

In einer Note zu der letztgenannten Arbeit wird endlich dargethan, dass die Doppelbrechung in diesen Krystallen verschieden geartet sei (p. 30) und die Bezeichnungen *attractiv* und *repulsiv* eingeführt,¹ Benennungen, die BREWSTER² 1818 durch *positiv* und *negativ* ersetzte.

Wenn nun auch BIOT alsbald lehrte,³ wie die Art der Doppelbrechung mit der Methode der prismatischen Ablenkung zu bestimmen sei und z. B. zeigte, dass im Kalkspath, wenn ein Prisma zur Verwendung kam, dessen brechende Kante parallel der Hauptaxe gelegen war, das abgelenktere Bild parallel der Hauptaxe und das weniger abgelenkte senkrecht zu derselben polarisirt sei, so waren doch manche Körper nicht auf diese Weise zu untersuchen und das Bedürfniss, andere Methoden zu besitzen, gab sich alsbald kund.

Wir werden uns bei der Betrachtung derselben nur auf optische Hilfsmittel beschränken⁴ und aus der Reihe derselben wiederum nur die einfachsten betrachten, also z. B. die, welche gewonnen werden, wenn man spectroscopische Untersuchung der Interferenzfarben vornimmt, ausschliessen.

Die wichtigsten der optischen Hilfsmittel, welche dann übrig bleiben, lassen sich eintheilen in solche, die bei Anwendung convergenten, polarisirten Lichtes in Betracht kommen und solche, die zur Untersuchung im parallelen, polarisirten Lichte dienen. Bei allen Untersuchungsmethoden kommt es darauf an zu sehen, ob Interferenzcurven sich verengen, oder in bestimmter charakteristischer Weise umformen, Farben steigen, wodurch die gleiche Orientirung der zu untersuchenden Platte mit der nach ihren Elasticitätsrichtungen bekannten Probestplatte erhellt, oder ob das Umgekehrte stattfindet, wodurch der entgegengesetzte Charakter hervorgeht.

¹ Vergl. auch ebendasselbst *Années* 1813. 1814. 1815. Paris 1818 p. 232 u. 233.

² DAVID BREWSTER, On the laws of polarisation and double refraction in regularly crystallised bodies. *Philosoph. Transactions of the Royal Society of London.* 1818 I p. 219.

³ BIOT, Sur la nature des forces qui partagent les rayons lumineux dans les cristaux doués de la double réfraction. (Lu à l'Institut le 26 décembre 1814.) *Mémoire de la Classe des sciences mathém. et physiq. de l'Institut de France.* *Années* 1813. 1814. 1815. Paris 1818 p. 221.

⁴ Wegen anderer Methoden vergl. MOIGNO, *Répertoire d'optique moderne* 1850. T. IV p. 1592 u. f. Eine sehr gute Zusammenstellung der hauptsächlichsten optischen Hilfsmittel für diese Zwecke, weil vollständiger als in den meisten physikalischen und mineralogischen Lehrbüchern, findet man bei G. VALENTIN, *Die Untersuchungen der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte.* 1861.

I. Hilfsmittel zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung im convergenten polarisirten Lichte.

Es wird vorausgesetzt, dass von den optisch einaxigen Krystallen eine Platte senkrecht zur optischen Axe (bez. derselben parallel) geschnitten vorliege und von den zweiaxigen eine solche senkrecht zur ersten Mittellinie (bez. parallel einem Hauptschnitt) genommen sei. Hat man grössere Krystalle oder Bruchstücke derselben zur Verfügung, so können dieselben auch in bekannter Weise in Medien ähnlicher Brechbarkeit untersucht werden.

1. Vergleich mit einer Platte, senkrecht zur optischen Axe (oder senkrecht zur ersten Mittellinie) von bestimmtem optischen Charakter.

Das Verfahren rührt von BREWSTER her¹ und kommt darauf hinaus Ringverengung bei gleichem, Ringerweiterung bei entgegengesetztem Charakter der beiden Platten zu beobachten.² Es ist praktisch bei den einaxigen Krystallen besser anzuwenden als bei den zweiaxigen.³ Seine Anwendung stösst öfters auf Hindernisse, namentlich bei kleinen Praeparaten.

2. Anwendung der Bior'schen Compensationsplatte und in weiterer Folge der aus derselben entwickelten Quarzplatte senkrecht zur Axe.

Bior zeigte im Jahre 1813,⁴ dass zwei Platten, die einzeln keine glatten Farben in der Hellstellung geben, diese dann hervortreten lassen, wenn ihre gleichnamigen Richtungen gekreuzt werden und

¹ BREWSTER a. a. O. 215 weist nach, dass Bior, *Traité de Physique* 1816. T. IV p. 497—498, theoretisch das Verfahren entwickelt, aber nicht praktisch ausgeführt habe. — BREWSTER führt es mit Platten gleichen Charakters: Kalkspath und Beryll und mit solchen entgegengesetzten Charakters: Kalkspath und Zirkon, aus (p. 216). Er beobachtet ferner (p. 217), dass, wenn Platten entgegengesetzten optischen Charakters und gleicher Stärke der Wirkung combinirt werden, ein vollständiges Verschwinden der Ringe und ein Aufheben der Doppelbrechung statt hat, — ein Umstand, der zur Erklärung gewisser Apophyllitringe, wie bekannt, zu benutzen und von grosser Wichtigkeit ist. — Das BREWSTER'sche Verfahren ist im Laufe der Zeit in Anwendung geblieben und in die Lehr- und Handbücher übergegangen.

² Über gewisse, dabei in Betracht kommende Vorsichtsmaassregeln und Verbesserungen (Verwendung einer einaxigen Platte, keilförmig zur Axe geschnitten) vergl. MASCART, *Traité d'optique* 1891. T. II p. 164, auch wohl VERDET, *Leçons sur la polarisation chromatique, rédigées par MASCART*. — Ohne Jahresangabe — p. 56 u. 57.

³ Für zweiaxige Krystalle wird es u. A. empfohlen von MASCART, 1891. a. a. O. p. 165.

⁴ Bior, *Mémoire sur une nouvelle application de la Théorie des Oscillations de la lumière*. (Lu à l'Institut le 27 décembre 1813.) *Mémoire de la Classe des sciences*

die Plattendicke verschieden ist. Dieser wichtige Versuch, der als Grundlage für die hauptsächlichsten, im parallelen polarisirten Lichte vorzunehmenden Bestimmungen des Charakters der Doppelbrechung dient, hat Veranlassung gegeben, das Kreuzen gleichnamiger Richtungen auch auf die Untersuchungen im convergenten Lichte auszuweiten und das dabei zu beobachtende Entstehen, bez. die Veränderungen der Interferenzerscheinungen und der Farbentöne zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung zu verwerthen.

Eine Anwendung solcher Art findet man u. A. bei JAMIN,¹ der eine dünne Platte aus einem einaxigen positiven Krystall, parallel der c -Axe geschnitten, anwendet, um durch Drehen derselben parallel, bez. senkrecht zur c -Axe, über einem senkrecht zur c -Axe geschnittenen einaxigen Krystall im convergenten, polarisirten Lichte, in dessen Interferenzcurvensystem Ringerweiterung oder Verengung zu studiren und daraus den Charakter der Doppelbrechung abzuleiten. — Das Verfahren lässt sich auch, wie bekannt, auf einaxige Krystalle parallel der Axe und auf zweiaxige parallel einem Hauptschnitt ausdehnen. — Wie es scheint, haben GRAILICH² und NÖRRENBURG³ gleichzeitig und unabhängig von einander den ferneren Schritt gethan, an Stelle einer Platte, parallel der Axe eines einaxigen Krystalls, die Quarzplatte senkrecht zur Axe zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung, besonders bei zweiaxigen Krystallen senkrecht zur ersten Mittellinie geschnitten, zu verwerthen.

Das Verfahren besteht, wie bekannt, in Folgendem. Man bringt die zu untersuchende Krystallplatte in die diagonale Stellung und dreht die Quarzplatte in dem Raume zwischen Analysator und Instrument ein Mal um eine Axe, senkrecht zur Verbindungslinie der optischen Axen, das andere Mal dazu parallel. Entstehen bei der ersten Drehung,

mathém. et phys. Année 1812. Seconde Partie p. 5 u. f. Paris 1816, ferner *Traité de Physique* 1816. T. IV p. 418 u. f., Lehrbuch der Experimentalphysik, deutsch von FECHNER, 1829. Bd. V p. 179 u. f. — Das Jahr 1813 für Biot's Entdeckung ist auch zu entnehmen aus dem Berichte von BREWSTER 1818 a. a. O. p. 220 Anmerkung. — Vergl. ferner *Optics* 1835 p. 191 u. f. — BILLET, *Traité d'optique physique* 1858. T. I p. 352.

¹ JAMIN-BOUTY, *Cours de Physique* 1887. T. III p. 483 fig. 178.

² GRAILICH, *Krystallographisch-optische Untersuchungen* 1858 S. 44 u. f. entwickelt die Methode und betrachtet sie als eine Erweiterung dessen, was Biot angab.

³ BERTIN, *Annales de Chimie et de Physique* 1863. 3^e série T. LXIX p. 93 bezeichnet die Methode als «de Mr. BIOT, que Mr. DE NÖRRENBURG a modifié de la manière suivante». Er gibt dann an, dass NÖRRENBURG ihm bei einem Besuche in Stuttgart sein Polarisationsinstrument und verschiedene Operationen damit, unter anderen auch obige Methode, gezeigt habe. Dieselbe ist wie bei GRAILICH geschildert, doch scheint die Gedächtnissregel mit dem + und — Zeichen von NÖRRENBURG zu stammen. — Vergl. auch BERTIN, *Note sur la détermination du signe des cristaux*, ebendas. 1868. 4^e série T. XIII p. 255. Die Methode findet sich ausserdem in zahlreichen physikalischen und mineralogischen Lehrbüchern erwähnt.

bei der die Drehaxe zu der Verbindungslinie der optischen Axen ein + Zeichen macht, in der Mitte des Gesichtsfeldes Curven, so wirkt die Quarzplatte verdünnend und der Krystall ist positiv, kommen dieselben Erscheinungen bei einer Drehung parallel der Verbindungslinie der optischen Axen zu Stande, wird ein – Zeichen gebildet, so wirkt die Quarzplatte alsdann ebenfalls verdünnend und der Krystall ist negativ.¹

Das Verfahren kann auch bei einaxigen Krystallen, parallel der Axe geschnitten, in entsprechender Weise angewandt werden.

BERTIN 1868 a. a. O. p. 255 gibt der Methode vor der mit dem compensirenden Quarzkeil den Vorzug; ich muss mit VALENTIN a. a. O. S. 146 sagen, dass mich das Verfahren nicht in allen Fällen mit Sicherheit leitete.

3. Anwendung des BIOT'schen compensirenden Quarz- bez. Gypskeils.

Nach dem Vorgang von BIOT² hat man den Keil bis jetzt vorzugsweise auf zweiachsig Mineralien, senkrecht zur ersten Mittellinie geschnitten, angewandt;³ ich werde später zeigen, dass man ihn auch bei einaxigen Körpern, senkrecht zur Axe *c* geschliffen, mit grösstem Vortheil benutzen kann.

Der Keil ist, wenn das Material Quarz ist, mit der einen Fläche parallel der Axe genommen, besteht er aus Gyps, so ist diese Fläche parallel der besten Spaltbarkeit. Die sonstige Orientirung ist verschieden und diese Verschiedenheit gereicht der Vorrichtung nicht zur Empfehlung, vergl. z. B. BERTIN 1868 a. a. O. p. 254 und 255. Aus später zu entwickelnden Gründen sollte aber ein jeder Keil so gefertigt sein, dass seine Schneide parallel der Axe der

¹ In der Ebene der zu untersuchenden Platte liegen im ersten Falle mittlere (für die Plattenebene kleinere) und grösste (für die Plattenebene grössere) Elasticitätsaxe. Die Drehaxe der Quarzplatte (grössere Elasticitätsaxe) fällt mit ersterer Richtung zusammen, die Hauptaxe der Quarzplatte (kleinere Elasticitätsaxe) wird gegen die grössere der Plattenebene geneigt; gleichnamige Richtungen sind also gekreuzt und die Wirkung kommt einer Verdünnung gleich. — Für den zweiten Fall gelten entsprechende Überlegungen.

² BIOT 1829 a. a. O. p. 182. — Die Methode hat sich einer ganz allgemeinen Verbreitung erfreut.

³ JAMIN, Cours de Physique 1887. T. III p. 483, wendet zwar auch schon zu der Untersuchung einaxiger Krystalle, senkrecht zur Axe geschnitten, einen Keil an, Fig. 177, dessen eine Fläche parallel der Axe ist und dessen Schneide die gleiche Orientirung hat; er beobachtet aber mit diesem Keil beim Schieben über die Krystallplatte hin nur Ringerweiterung, bez. Ringverengung und hat daher die ganze Mannigfaltigkeit der auszuführenden Operationen nicht erkannt.

kleineren und seine lange Erstreckung parallel der Axe der grösseren Elasticität in der Plattenebene ist. Zwischen die gekreuzten Nicols des Instrumentes ist der Keil unter 45° einzuführen.

Die Wirkung des Keils ist nach BIOT ganz der der compensirenden Quarzplatte vergleichbar; es entstehen durch Verdünnung Interferenzcurven und dieselben verbreitern sich, falls sie vorhanden waren, wenn ungleichnamige Elasticitätsachsen in der Platte und dem Keil gekreuzt sind. Über alle weiteren Details soll später berichtet werden.

4. Anwendung verzögernder Gyps- oder Glimmerblättchen.

Dieselben bewirken, da wo sie verwandt werden, sei es bei einaxigen oder zweiaxigen Krystallen, wenn gleichnamige Elasticitätsachsen zusammen fallen, Steigen der Farben und entsprechende Gestaltung der Interferenzfiguren; wenn ungleichnamige Elasticitätsachsen coincidiren, findet das Gegentheil statt.

Bei gewisser Blättchendicke, nämlich von $> 0\lambda$ bis $4/8\lambda$, sind nun die Veränderungen der Interferenzfiguren charakteristischer als die Farbenveränderungen, bei anderer Dicke, $4/8\lambda$ bis λ und höheren Werthen von λ , ist wieder die Farbenveränderung das mehr in die Augen Fallende; so kommt es, dass man die jeweiligen Begleiterscheinungen öfters übersehen hat. Es ist aber festzuhalten, dass beide stets zusammen vorkommen.¹

Dass dünne Blättchen von Gyps oder Glimmer überhaupt Farben geben, wenn sie zwischen gekreuzten Polarisationssebenen in der Hellstellung betrachtet waren, haben im Jahre 1811 ARAGO² und unabhängig davon im Jahre 1812 BREWSTER³ gefunden.

a. Anwendung von Gyps- oder Glimmerblättchen von der Dicke von $> 0\lambda$ an bis zu $4/8\lambda$.

Unter diesen Blättchen beansprucht das sogenannte Viertelundulationsglimmerblättchen die erste Stelle. Dasselbe und seine Anwendung werden in der Litteratur gewöhnlich mit DOVE in Verbindung

¹ G. VALENTIN, Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte 1861 S. 153, betont im §. 219 das Verhältniss völlig zutreffend.

² F. ARAGO, Sur une modification remarquable qu'éprouvent les rayons lumineux dans leur passage à travers certains corps diaphanes. Mém. de la Classe des sciences math. et phys. de l'Inst. imp. de France. Année 1811. Tome XII. 1812 p. 93.

³ D. BREWSTER 1818 a. a. O. p. 202 u. f.

gebracht. Dies geschieht zum Theil mit Unrecht, denn, wie auch aus den Mittheilungen DOVE's ersichtlich ist, gebührt die Priorität der Entdeckung AIRY, der 1832¹ nicht nur kennen lehrte, dass man durch Blättchen von $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}\lambda$, wenn in passender Stellung zwischen die gekreuzten Nicols gebracht, das Licht circular polarisiren könne, sondern schon 1831² die Wirkung circular polarisirten Lichts auf Kalkspath- und Quarzplatten, senkrecht zur Axe c geschnitten, mitgetheilt und mathematisch behandelt hatte. H. W. DOVE hat dagegen das Verdienst, gestützt auf die Angaben AIRY's, gezeigt zu haben, wie man das $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen als ein Unterscheidungsmittel positiver und negativer ein- und zweiachsigter Krystalle verwenden könne.³ Die bei dieser Unterscheidung gewöhnlich angewandte Regel, dass die zwei dunkelen Flecke mit der Spur der Ebene der Axen im Glimmer ein + oder -- Zeichen bilden, rührt von NÖRREBERG her.⁴

Die Untersuchung der Krystalle im elliptisch polarisirten Lichte kommt auch bei DOVE vor, wird aber nur kurz erwähnt.⁵

Im Allgemeinen scheinen Blättchen anderer Dicke, zwischen $> 0\lambda$ und $\frac{4}{8}\lambda$ liegend, selten verwandt worden zu sein, doch werden einige Fälle in der Litteratur erwähnt.

So spricht SÉMARMONT 1851⁶ von der Anwendung eines $\frac{1}{2}\lambda$ -Blättchens. DES-CLOIZEAUX empfiehlt 1864⁷ bei schwach doppelbrechenden Körpern, bei denen ein $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen keine deutlichen Erscheinungen

¹ G. B. AIRY, Über einen neuen Lichtzerleger und seinen Gebrauch bei Polarisationsversuchen. POGGEND. Annalen 1832 Bd. 26 S. 140 u. f. Hier wird S. 146 das $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen, neben solchen von $\frac{3}{4}\lambda$ und $\frac{5}{4}\lambda$, angegeben und auf ein- und zweiachsigte Krystalle angewandt.

² G. B. AIRY, Über die Natur des Lichts in den beiden durch die Doppelbrechung des Bergkrystalls hervorgebrachten Strahlen. Pogg. Annalen 1831 Bd. 23 S. 204 u. f.

AIRY wendet hier noch zur Erzeugung circularpolarisirten Lichtes das FRESNEL'sche Parallelepiped an, zeigt aber mit Hilfe desselben am Kalkspath (Taf. II. Fig. 4) das, was wir heute mit der $\frac{1}{4}\lambda$ -Platte hervorbringen. — Überhaupt ist die ganze Abhandlung von grösstem Interesse; für uns wird namentlich noch die Darstellung der sogenannten Achterfigur (Taf. II Fig. 5) wichtig, die erhalten wird, wenn bei gekreuzten Nicols und zwischen denselben befindlicher Kalkspathplatte das FRESNEL'sche Parallelepiped gedreht wird, die circulare Polarisation also in elliptische übergeht.

³ H. W. DOVE, Über den Unterschied positiver und negativer einachsigter Krystalle bei circularer und bei elliptischer Polarisation. Pogg. Ann. 1837 Bd. 40 S. 457 u. f. — Vergl. auch Darstellung der Farbenlehre und optische Studien 1853 S. 242 u. f.

⁴ A. BERTIN 1863 a. a. O. p. 93, BERTIN 1868 a. a. O. p. 246, 251. — In dieser Abhandlung ist auch richtig dargestellt, welchen Antheil AIRY und DOVE an der Entdeckung und Anwendung der Methode haben.

⁵ A. a. O. 1837 S. 460 u. 461; a. a. O. 1853 S. 244 u. 245.

⁶ H. DE SÉMARMONT, Recherches sur les propriétés optiques biréfringentes des corps isomorphes. Annales de Chimie et de Physique 1851. 3^e série T. XXXIII p. 7 (Sep.-Abdr.).

⁷ A. DES-CLOIZEAUX, Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant 1864 p. 29.

gibt, die Anwendung dünnerer Blättchen, um die mit dem $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen nicht deutlich genug gewordenen Erscheinungen deutlicher zu machen.

Die directe Anwendung eines $\frac{1}{8}\lambda$ -Blättchens unter dem Analysator angebracht, mit seiner kleineren Elasticitätsaxe unter 45° zu den gekreuzten Nicols gestellt und von vorn links nach hinten rechts verlaufend, scheint nirgends versucht worden zu sein,¹ wenngleich eine demselben entsprechende Wirkung seit lange bekannt ist und erst noch neuerdings durch BERTIN 1881 hervorgehoben und ein Verfahren zur Erkennung positiver und negativer Krystalle, was sich darauf gründet, empfohlen wurde.²

Bei der Wichtigkeit der Sache scheint es angezeigt, auf die historische Entwicklung etwas näher einzugehen.

BREWSTER fand 1831,³ dass das von einer Stahlplatte reflectirte Licht geeignet war, die Interferenzfigur des Kalkspaths zu verändern und spricht sich (a. a. O. S. 225, Taf. II Fig. 2) dahin aus: »Das System von Ringen ist fast genau eben so verändert, wie wenn ein dünnes Krystallblättchen, welches das Blassblau der ersten Ordnung polarisirt, das System gekreuzt hätte.«

War die erzeugte Interferenzfigur auch noch nicht die vollständige Achtercurve, so trat sie schon deutlicher bei AIRY 1831 a. a. O. Taf. II Fig. 4 hervor.⁴

H. W. DOVE 1835 S. 594⁵ fand die betreffende Figur, von der ausgesagt wird, »die innerste Curve war vollkommen zu einer 8 geschlungen«, in natürlichen Kalkspathplatten wieder und ahmte sie dadurch nach, dass er zwischen zwei genau centrirte, das regelmässige Ringsystem gebende einaxige Platten ein Glimmerblatt »von bestimmter Dicke einschaltete und dies in seiner Ebene drehte.«

In seiner Arbeit vom Jahre 1837 bringt DOVE auf S. 460 und 461 nur allgemeine Andeutungen über die Wirkung des elliptisch polarisirten Lichts auf einaxige Krystalle, senkrecht zur Axe c geschnitten. Dieselben kommen darauf hinaus, »dass die in negativen Krystallen

¹ Ein dem besprochenen sehr nahe kommendes Verfahren beschreibt BILLET, *Traité d'optique physique* 1859 T. II p. 620; vergl. auch G. VALENTIN 1861 a. a. O. S. 154.

² A. BERTIN, Über die Farben von Krystallplatten im elliptisch polarisirten Licht *Zeitschr. f. Krystall. u. s. w.* 1881. Bd. V S. 36 u. f. — Die betreffende Auseinandersetzung befindet sich S. 76–80.

³ D. BREWSTER, Über die Erscheinungen und Gesetze der elliptischen Polarisation bei Einwirkung der Metalle auf das Licht. Aus den *Phil. Transactions* f. 1830 II p. 287 in *Pogg. Annal.* 1831 Bd. 21 S. 219 u. f. Vergl. auch *Optics* 1835 p. 227 Fig. 114; 1853 p. 308 Fig. 150.

⁴ Vergl. S. 233 Anmerkung 2.

⁵ H. W. DOVE, Versuche über Circularpolarisation des Lichts. *Pogg. Annalen* 1835. Bd. 35 S. 579 u. f.

entstehende Farbenfigur in den positiven um 90° in ihrer Ebene gedreht erscheint«, und dass sich bei Anwendung von Licht, was von einer Metallfläche reflectirt ist, in einem positiven Krystall die Farbencurven in den Quadranten vom Mittelpunkt entfernen, in denen sie sich in einem negativen nähern. Die Arbeit Dove's vom Jahre 1853 wiederholt auf S. 237 und 244, sowie 245, nur diese Angaben ohne ihren Zusammenhang weiter zu verfolgen.

In der Arbeit von VALENTIN vom Jahre 1861 wird der Achter an mehreren Stellen erwähnt, so S. 135 mit Bezugnahme auf Dove's Angaben, dann S. 188 unter Berücksichtigung des Umstandes, dass er durch eine Combination von vier, mit ihren Axenebenen jeweils rechtwinkelig gelegten Glimmerblättchen vom Lavendelgrau der ersten Ordnung hergestellt werden kann, wenn die Combination unter 45° zu den gekreuzten Nicols gebracht wird. — Des Ferneren wird auch seines Auffindens in organischen Praeparaten gedacht.

In weiterer Folge wird die Erscheinung in der Litteratur noch mehrfach erwähnt, so z. B. VON DES CLOIZEAUX 1864,¹ beobachtet bei der Compensation mit dem Quarzkeil, von BREZINA 1879² als »Brillenfigur«. Genauer behandelt sie als sogenannte Sohlencurve die schon erwähnte Arbeit von BERTIN 1881, erörtert ihr Zustandekommen und thut dar, dass sie ein Mittel an die Hand gäbe, positive und negative Krystalle zu unterscheiden.

Ich selbst habe mich 1892³ ebenfalls mit der Erscheinung der Achtercurve beschäftigt. Sie trat damals unter verwickelteren Umständen auf, so dass ich mich, allerdings ohne BERTIN's Arbeit in dem auf die betreffende Curve bezüglichen Theile genauer zu kennen, damals darauf beschränken musste, einige allgemeine Angaben zu machen und Näheres mir vorzubehalten.

Indem ich auf das Auftreten des Achters (Sohlencurve, Brillenfigur) in den gekreuzten NÖRRENBURG'schen Glimmercombinationen hier nicht weiter eingehe und für die einaxigen Mineralien, die eine solche Erscheinung zeigen, nur geltend mache, dass es wohl in den häufigsten Fällen bei denselben ein aufgelagertes oder eingeschaltetes zwei-axig deformirtes Blättchen ist, was durch elliptische Polarisation besagte Erscheinung hervorruft,⁴ möchte es ich jetzt mit BERTIN betonen,

¹ DES-CLOIZEAUX, Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant 1864 p. 33.

² A. BREZINA, Herrngrundit, ein neues basisches Kupfersulfat. Zeitschrift für Krystallographie 1879 Bd. III. S. 357.

³ C. KLEIN, Über das Krystallsystem des Apophyllits u. s. w. Sitzber. d. kön. preuss. Akademie der Wissenschaften 1892 S. 92 u. f.; N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1892 Bd. II S. 198 u. f.

⁴ Andere Möglichkeiten sind nicht ausgeschlossen.

dass die zweckmässige Hervorbringung dieser Figur in der That ein vortreffliches Mittel ist um den Charakter der Doppelbrechung bei optisch ein- und zweiachsigem Krystallen zu bestimmen. Warum BERTIN'S Vorschlag vom Jahre 1881 a. a. O. p. 80 unbeachtet geblieben ist, möchte darin begründet sein, dass er zur Hervorbringung der sogenannten Sohlencurve zwei mit ihren Axenebenen parallel gestellte $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen braucht, zwischen denen sich die Krystallplatte befindet und die mit ihren Hauptschnitten Winkel von 15° mit der Schwingungsrichtung des einfallenden Lichtes machen — eine für die gewöhnlichen Beobachtungsinstrumente nicht in einfacher Weise herzustellende Anordnung.

Bringt man aber die Krystallplatte zwischen gekreuzte Nicols und schaltet unter den oberen Nicol ein $\frac{1}{8}\lambda$ -Glimmerblättchen unter 45° so ein, dass die Spur der Ebene der optischen Axen von vorn links nach hinten rechts geht, so stellt sich die Achterfigur bei den positiven Krystallen in die Verbindungslinie der optischen Axen und bei den negativen senkrecht dazu. Dieses Mittel ist zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung einfach und leicht zu verwerthen.

b. Anwendung von Gyps- oder Glimmerblättchen von der Dicke $> \frac{1}{8}\lambda$ an bis zu höheren Werthen von λ .

Von Blättchen, die eine charakteristische Änderung des Interferenzbildes geben, ist die Anwendung von $\frac{3}{4}\lambda$ -Blättchen in der Literatur mehrfach erwähnt, so findet sie sich, abgesehen von ihrer Erwähnung bei AIRY 1832 a. a. O. p. 146, bei BILLET 1859,¹ VALENTIN 1861,² V. VON LANG 1867,³ LIEBISCH 1881⁴. Während aber die letztgenannten drei Autoren mit Recht hervorheben, dass sich bei Anwendung von $\frac{3}{4}\lambda$ -Blättchen die für das $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen gegebenen Regeln vertauschen, erwähnt dies BILLET, der neben $\frac{3}{4}\lambda$ - auch $\frac{5}{4}\lambda$ -Blättchen abhandelt, nicht.

Wichtiger und seit längerer Zeit bekannt ist die Anwendung von verzögernden Blättchen grösserer Wellenlängen; es kommen hierbei besonders auffallende Färbungen der abwechselnden Ringquadranten in Betracht, die bei positiven Krystallen anders als bei negativen liegen.

Die erste Idee zu dieser Methode der Beobachtung gab BREWSTER

¹ F. BILLET, Traité d'optique physique 1859. T. II p. 13.

² G. VALENTIN 1861 a. a. O. S. 153.

³ V. VON LANG, Einleitung in die theoretische Physik 1867 S. 384.

⁴ TH. LIEBISCH, Artikel Krystallographie, Handwörterbuch der Chemie 1881 Bd. III S. 1202.

1818,¹ ihm folgte HERSCHEL 1821,² danach führte BREWSTER 1835³ das bestimmte Glimmer- oder Gypsblättchen vom Roth II. Ordnung ein, dessen Ton bei Kreuzung gleichnamiger Elasticitätsaxen und entsprechendem Ton der zu untersuchenden Platte, in der Hellstellung in zwei gegenüberliegenden Quadranten schwarz wird. Nach diesen Angaben ist das Verfahren in die Litteratur übergegangen,⁴ in der man es bis in den Anfang der sechziger Jahre verfolgen kann. — Danach hat es keine besondere Beachtung mehr gefunden.

Erst in neuerer Zeit, als die Untersuchungen an dünnen Blättchen im convergenten, polarisirten Lichte wieder die Wichtigkeit der Methode hervortreten liessen, hat sie F. RINNE⁵ wieder aufgenommen und zum Gebrauch ein Gypsblättchen Roth I. Ordnung empfohlen, ein Verfahren, was nach ROSENBUSCH's Angabe schon seit 1887 in seinem Institute ausgeübt wird.⁶ Beide Forscher hatten gegenseitig keine Kenntniss von der betreffenden Anwendung, die sich im Lichte der vorstehenden Darstellung als eine glückliche Wiederaufnahme einer längst bekannten Methode darstellt.

¹ BREWSTER, 1818 a. a. O. p. 219 u. 220. Das daselbst angegebene Verfahren beachtet zunächst die Ringe, welche ausserhalb der sichtbaren Ringe eines Kalkspathinterferenzbildes entstehen, wenn dasselbe mit einer Quarzplatte, parallel der Axe, oder mit einem dickeren Gypsblättchen gekreuzt wird und verwerthet die Art ihrer Veränderung zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung. — Von diesem Verfahren ist in der Praxis wenig Anwendung gemacht worden. Mehr Eingang hat der auf p. 220 entwickelte Theil desselben Verfahrens gefunden, welcher die differente Färbung in den abwechselnden Ringquadranten beachtet.

² J. F. W. HERSCHEL, On a remarkable Peculiarity in the law of the extraordinary Refraction of differently-coloured Rays exhibited by certain varieties of Apophyllite. Transactions of the Cambridge Philosophical Society 1822. Vol. I. Part II p. 243. Das von HERSCHEL ebendasselbst, p. 244, noch angegebene andere Verfahren kommt auf die ersten Anfänge unseres Verfahrens mit dem $\frac{1}{4}\lambda$ -Glimmerblättchen oder Blättchen ähnlicher Dicke hinaus (vergl. C. KLEIN 1892 a. a. O. S. 225 und N. Jahrb. f. Min. 1892. Bd. II S. 175—176).

³ D. BREWSTER, Optics 1835 p. 197 u. f.

⁴ Vergl. MARX, Geschichte der Krystallkunde, 1825 S. 264; HERSCHEL, Vom Licht, 1831 S. 520, woselbst das Verfahren nach HERSCHEL citirt wird. Ferner vergl. man von KOBELL, Geschichte der Mineralogie, 1864 S. 253, woselbst das BREWSTER'sche Verfahren erwähnt wird. Dagegen sehe man BREWSTER, A treatise on Optics, 1853 p. 256, H. W. DOVE, Pogg. Annalen, 1837 Bd. 40 S. 461, Farbenlehre, 1853 S. 245, woselbst BREWSTER's verbessertes Verfahren erwähnt wird. G. VALENTIN 1861 a. a. O. S. 154 citirt BREWSTER und HERSCHEL und empfiehlt selbst ein Gypsblättchen vom Roth der III. Ordnung, BILLET, Traité d'optique physique, 1858 T. I p. 501 citirt Niemand, empfiehlt aber ebenfalls ein im Allgemeinen nur wenig abgeändertes Verfahren.

⁵ F. RINNE, Über eine einfache Methode, den Charakter der Doppelbrechung im convergenten polarisirten Lichte zu bestimmen. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1891 Bd. II S. 21 u. f.

⁶ Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien von H. ROSENBUSCH, 1892 S. 189—190.

II. Hilfsmittel zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung im parallelen polarisirten Lichte.

Hier werden fast ausschliesslich Gyps- oder Glimmerblättchen einer gewissen Dicke angewandt, oder es wird mit drehbaren Quarzplatten parallel der Axe,¹ noch besser mit Keilen operirt, die die Farben der verschiedenen Ordnungen geben. Immer kommt es darauf an, durch Kreuzung gleichnamiger Elasticitätsaxen in dem Blättchen, bez. der Keilstelle, und dem Praeparat, durch einen auf der einen oder anderen Seite verbleibenden Überschuss der Dicke Farben zu entwickeln, deren Deutung die Bestimmung der Lage der Elasticitätsaxen zulässt.

Es werden in Folge dessen Platten aus einaxigen Krystallen parallel der Axe und solche aus zweiaxigen unmittelbar zur Untersuchung kommen können. Aber auch auf die einaxigen Platten senkrecht zur Axe wird die Untersuchung im parallelen polarisirten Lichte anwendbar sein, wenn man nur die Platte aus dem einaxigen Krystalle bald in dem einen, bald in dem anderen Hauptschnitt des in Hellstellung befindlichen Gyps- oder Glimmerblättchens neigt und zusieht, bei welcher Neigung die Farben steigen oder fallen.²

Nachdem ARAGO 1811 und BREWSTER 1812, wie schon erwähnt, die Wirkung dünner Blättchen in der Hellstellung auf das polarisirte Licht kennen gelehrt hatten, war es besonders BIOT, der die Methode des Arbeitens mit diesen Blättchen weiter ausführte und, was besonders wichtig war, die Art und Weise kennen lehrte, nach welcher man in einem solchen Blättchen die Richtung einer gewissen Elasticitätsaxe in der Plattenebene, z. B. der kleineren, zu bestimmen hat.³ — Danach kam das Arbeiten mit solchen Gypsblättchen verschiedener Dicke nicht nur in der Physik sondern auch in den Naturwissenschaften immer mehr in Anwendung.

¹ Dieses Verfahren, welches auf das mit dem Keil herauskommt, wendet H. DE SÉNARMONT 1851 a. a. O. p. 7 an, GRAUICH erwähnt es 1858 a. a. O. p. 205.

² Hierauf gründet sich ein Verfahren, das schon BIOT kannte, Précis élémentaire de physique expérimentale, 1824, T. II p. 572 und das H. DE SÉNARMONT, Annales de Chimie et de Physique, 1851, 3^e série, T. XXXIII p. 7, mit einem Gypsblättchen, welches die *teinte sensible* besitzt und einem darunter befindlichen, zu drehenden einaxigen Krystalle, senkrecht zur Axe geschnitten, im parallelen polarisirten Lichte anwandte; vergl. auch BILLET, Traité d'optique physique, 1858, T. I p. 501 Anmerkung und 1859, T. II p. 620, bezüglich des Verfahrens unter Nr. 2.

³ BIOT, Lehrbuch der Experimentalphysik, übersetzt von FECHNER, 1829, Bd. V S. 140. Vergl. auch G. VALENTIN, 1861, a. a. O. S. 144.

HUGO VON MOHL zeigte 1858¹ die Bedeutung der Methode für botanische Untersuchungen und erschloss damit namentlich die relative Grösse der Elasticitätsachsen in der Ebene der Schnitte doppelbrechender Gewebe. 1859² empfiehlt er bei seinen Untersuchungen über das Polarisationsmikroskop neben der von ihm herrührenden Condensorlinse und anderen Einrichtungen Gypsblättchen vom Roth I., II., III. und IV. Ordnung, je nach Bedürfniss und dem vorliegenden Falle.

Von zoologischer Seite verdient besonders G. VALENTIN genannt zu werden, der 1861³ eine recht vielseitige Zusammenstellung optischer Methoden, die weit besser und vollständiger ist als ähnliche Darstellungen in den mineralogischen Werken jener Zeit, verfasste.

Feinere Detailuntersuchungen wurden durch verschiedene Physiker und Physiologen, wie MÜLLER, BRÜCKE, WERTHEIM, QUINCKE und 1877 und 1878 besonders durch ROLLETT⁴ (woselbst auch die andere Litteratur nachzusehen ist) über die Farben in den NEWTON'schen Ringsystemen vorgenommen und auf Grund derselben auch wieder besondere Apparate construiert.

Im Allgemeinen sind die genannten Methoden, zuzüglich derer, denen die Untersuchungen mit den Keilen⁵ gewidmet sind, seit dem Aufleben der mikroskopischen Forschung in der Mineralogie auch in diese Wissenschaft übergegangen und in den Lehrbüchern derselben und ihrer Nachbargebiete verbreitet.

Überblickt man das, was bekannt und heute in Übung ist, um den Charakter der Doppelbrechung zu bestimmen, so tritt eine grosse Anzahl von Methoden zu Tage, die zum Theil scheinbar streng geschieden sind und auf deren Zusammenhang nicht aufmerksam gemacht, deren verschiedene Art und Anwendung mitunter sogar des Nachdrücklicheren betont wird.

¹ HUGO VON MOHL, Die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hilfe des polarisirten Lichtes. Botanische Zeitung 1858, Jahrg. 16. I S. 1-6, II S. 9-18.

² HUGO VON MOHL, Über die Einrichtung des Polarisationsmikroskops zum Behufe der Untersuchung organischer Körper, POGGEND. Annalen 1859 Bd. 108 S. 178 u. f.

³ G. VALENTIN, Die Untersuchungen der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte 1861.

⁴ A. ROLLETT, Über die Bedeutung von NEWTON's Construction der Farbenordnungen dünner Blättchen für die Spectraluntersuchung der Interferenzfarben. Sitzber. der k. k. Akademie der Wiss. zu Wien 1877. Math.-naturw. Classe Bd. 125 Abth. III S. 173 u. f. Über Farben, welche in den NEWTON'schen Ringsystemen auf einander folgen. Ebendasselbst 1878 Math.-naturw. Classe Bd. 127 Abth. III S. 177 u. f.

⁵ So empfehlen u. A. MICHEL LÉVY und A. LACROIX, Les minéraux des roches 1888 p. 42 bei Untersuchungen im parallelen polarisirten Lichte Keile mit Farben mehrerer Ordnungen, um die Wirkungen einer Anzahl dünner Blättchen gewissermassen nach einander darstellen zu können.

Nur wenige Autoren erwähnen z. B., wie die Blättchen verschiedener Wellenlängenverzögerungen im parallelen, polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols sich darstellen, wenn sie in der Hellstellung untersucht werden; solche Angaben findet man z. B. für das $\frac{1}{4}\lambda$ -Blättchen, das dann Hellgraublau I. Ordnung zeigt, bei BILLET 1859 a. a. O. T. II. p. 12 u. f., bei VALENTIN 1861 a. a. O. S. 140 und 141, bei DIPPEN, das Mikroskop 1882 S. 941; bei E. MALLARD, *Traité de Cristallographie* 1884 T. II p. 253; bei LÉVY und LACROIX 1888 a. a. O. S. 42, 45; bei LIEBISCH, *Physikalische Krystallographie* 1891 S. 496. Weiter gehen die Angaben gewöhnlich nicht und doch knüpft sich daran das lebhafteste Interesse.

Betrachten wir zu diesem Ende folgende Tabelle, die die Erscheinungen von verzögernden Blättchen wiedergibt, welche sich zwischen gekreuzten Nicols befinden, in Hellstellung genommen sind und deren kleinere Elasticitätsaxe von vorn links nach hinten rechts verläuft.

Nr.	Ein Blättchen, was für gelbes Licht eine Verzögerung bewirkt von	zeigt im Tageslicht zwischen gekreuzten Nicols in der Hellstellung die Farbe		bewirkt, wenn in die Hellstellung zwischen gekreuzte Nicols gebracht, für gelbes Licht ¹
1.	0λ	Schwarz	I. Ordnung	Geradlinige Polarisation
2.	$\frac{1}{8}\lambda$	Nahezu Lavendelgrau	I. -	Rechts elliptische Polarisation
3.	$\frac{2}{8}\lambda$	Nahezu Graublau	I. -	Rechts circulare Polarisation
4.	$\frac{3}{8}\lambda$	Klareres Grau	I. -	Rechts elliptische Polarisation
5.	$\frac{4}{8}\lambda$	Blass Strohgelb	I. -	Geradlinige Polarisation
6.	$\frac{5}{8}\lambda$	Lebhaft Gelb	I. -	Links elliptische Polarisation
7.	$\frac{6}{8}\lambda$	Braungelb	I. -	Links circulare Polarisation
8.	$\frac{7}{8}\lambda$	Orange	I. -	Links elliptische Polarisation
9.	$\frac{8}{8}\lambda$	Roth	I. -	Geradlinige Polarisation
10.	$\frac{9}{8}\lambda$	Indigo	II. -	Rechts elliptische Polarisation
11.	$\frac{10}{8}\lambda$	Himmelblau	II. -	Rechts circulare Polarisation
12.	$\frac{11}{8}\lambda$	Grün	II. -	Rechts elliptische Polarisation
13.	$\frac{12}{8}\lambda$	Heller Grün	II. -	Geradlinige Polarisation
14.	$\frac{13}{8}\lambda$	Gelb	II. -	Links elliptische Polarisation
15.	$\frac{14}{8}\lambda$	Orange	II. -	Links circulare Polarisation
16.	$\frac{15}{8}\lambda$	Röthlich Orange	II. -	Links elliptische Polarisation
17.	$\frac{16}{8}\lambda$	Dunkelvioletthroth	II. -	Geradlinige Polarisation

Ein Blick auf diese Tabelle lehrt, dass die in dem Keil enthaltene Farbenfolge das allgemeinste, einfachste und ausgiebigste Verfahren an die Hand gibt, den Charakter der Doppelbrechung zu bestimmen, weil in dieser Farbenfolge das Mittel vorhanden ist, nicht nur im parallelen Licht alle

¹ Vergl. MÜLLER-PFAUNDLER, *Lehrbuch der Physik* 1879. Bd. II 1 S. 611 Fig. 542.

Gyps- oder Glimmerblättchen der verschiedenen Nüancen, sondern auch im convergenten Licht die entsprechend wirkenden Blättchen, die die verschiedenen Interferenzerscheinungen mit schwachen oder lebhaften Farbenabtönungen in den abwechselnden Quadranten geben, zu ersetzen.

Zu diesem Zwecke sei das Polarisationsmikroskop mit einem verschliessbaren Schlitze, der selbst von vorne rechts nach hinten links führt, unter dem oberen Nicol, bez. über dem Objectiv, versehen. Es können an beiden Stellen eingeschoben werden entweder:

1. Ein Gypskeil mit den Farben der ersten Ordnung (bez. zwei fernere Keile mit den Farben zweiter und dritter Ordnung), dessen kleinere Elasticitätsaxe in der Plattenebene, parallel der Schneide des Keils verläuft.

2. Ein desgl. oder Quarzkeil, der von der ersten in die höheren Ordnungen hereingeführt und optisch ebenso orientirt ist, wie der unter Nr. 1.

Diese Orientirung der Keile ist nöthig, um mit der gebräuchlichen des $\frac{1}{4}\lambda$ -Glimmerblättchens in Übereinstimmung zu sein und vergleichbare Resultate erzielen zu können. Was diese selbst anlangt, so sind sie für einen positiven Krystall und die Farben der ersten Ordnung in nachstehender Tabelle zusammengestellt¹ und lassen sich sowohl für einaxige, als auch für zweiaxige Krystalle mit kleinem Axenwinkel im convergenten, polarisirten Lichte verwerthen. Da es sich hier nur darum handelt, deutliche Unterscheidungsmerkmale zu gewinnen, so ist das Centrum der Erscheinungen, woselbst sich Alles am deutlichsten abspielt, wesentlich in Betracht gezogen worden.

¹ Es ist interessant zu sehen, dass Dove, Versuche über Circularpolarisation des Lichts, Poggendor. Annalen 1835 Bd. 35 S. 586 u. f. bei der Untersuchung von Erscheinungen, die während des Erhitzens und Abkühlens der Gläser stattfinden, manche hierher gehörige Erscheinungen schon beobachtet hat (vergl. auch Farbenlehre 1853 S. 230 u. f.) ohne sie mit denen zu vergleichen, die die Krystalle unter der Einwirkung verschiedener Wellenlängenverzögerungen, d. h. in verschiedenartig polarisirtem Lichte in gleicher Weise zeigen.

Optisch einaxiger, positiver Krystall, zwischen gekreuzten Nicols, geprüft mit einem Gypskeil, dessen kleinere Elasticitätsaxe MM' von vorn links nach hinten rechts geht.

Nr.	Werth der Verzögerung für Gelb	Polarisationszustand	Erscheinungen im monochromatischen gelben Licht	Erscheinungen im Tageslicht	Ton der Keilstellen in der Hellstellung derselben zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Licht, bez. Farbe des Kreuzes bei Anwendung convergenten polarisirten Tageslichts.
1.	0λ	Geradelinig. Schwingungsebenen von Polarisator und Analysator gekreuzt.	Schwarzes Kreuz, helle und dunkle Ringe.	Schwarzes Kreuz, Ringe in den NEWTON'schen Farben.	Schwarz I. Ordnung.
2.	$\frac{1}{8}\lambda$	Rechts elliptisch. Grosse Axe der Ellipse liegt wie die Schwingungsebene des Polarisators.	Im Centrum erscheint eine Achterfigur, deren lange Erstreckung in MM' liegt.	Achterfigur, wie im monochromatischen Licht, an den in MM' liegenden Enden des Achters sind die Farben gestiegen.	Lavendelgrau I.
3.	$\frac{2}{8}\lambda$	Rechts circular.	Von den Einschnürungen des Achters haben sich zwei schwarze Punkte abgehoben, die senkrecht auf MM' aus einander gewichen sind. An den Enden der langen Erstreckung des Achters haben sich zwei Bogentheile gebildet, die durch MM' halbiert werden.	Zerfall der Achterfigur wie im monochromatischen Licht. An den durch MM' halbirten Bogentheilen sind die Farben gestiegen.	Hellgraublau I.
4.	$\frac{3}{8}\lambda$	Rechts elliptisch. Grosse Axe der Ellipse liegt unter 90° zu Nr. 2.	Die Punkte rücken weiter von MM' ab, die Bogentheile mehr nach dem Centrum zu.	Es bieten sich dieselben Erscheinungen, wie im monochromatischen Licht dar. Die Punkte bleiben dunkel, die Bogentheile sind gefärbt.	Klareres Grau I.
5.	$\frac{4}{8}\lambda$	Geradelinig. Schwingungsebene des Polarisators parallel der des Analysators.	Helles Kreuz. Die Punkte haben denselben Abstand vom Centrum wie die Bogentheile. Beide sind sich aber in der Form nahe gekommen und mit kurzen Kreissegmenten zu vergleichen.	Fast weisses Kreuz, sonst wie im monochromatischen Licht bezüglich der Stellung der kurzen Kreissegmente (Punkte und Bogentheile früherer Bedeutung); ebenso bezüglich der Färbung wie vorher.	Blass Strohgelb I.
6.	$\frac{5}{8}\lambda$	Links elliptisch. Grosse Axe der Ellipse liegt wie in Nr. 4.	Die Punkte werden zu Bogentheilen und entfernen sich mehr vom Centrum als die Bogentheile, die zu Punkten geworden sind.	Wie im monochromatischen Licht, nur ist jetzt an den Punkten (früheren Bogentheilen) das Steigen der Farben zu beobachten, während die Bogentheile (frühere Punkte) ungefärbt sind.	Gelb I.
7.	$\frac{6}{8}\lambda$	Links circular.	Die nunmehrigen Bogentheile rücken noch weiter vom Centrum ab, die nunmehrigen in MM' gelegenen Punkte dem Centrum zu.	Wie im monochromatischen Licht. Die Punkte zeigen deutlich die noch mehr gestiegenen Farben, an den Bogentheilen beginnen niedrigere, graue Töne.	Braungelb I.
8.	$\frac{7}{8}\lambda$	Links elliptisch. Grosse Axe der Ellipse liegt wie in Nr. 2.	Im Centrum erscheint ein Achter, dessen lange Ausdehnung senkrecht zu MM' liegt.	Wie im monochromatischen Licht. Der Achter ist nach seiner kurzen Erstreckung d. h. in MM' blau, senkrecht zu MM' gelb gefärbt.	Rothorange I.
9.	$\frac{8}{8}\lambda$	Geradelinig. Schwingungsebenen von Polarisator und Analysator gekreuzt.	Schwarzes Kreuz, helle und dunkle Ringe.	Roths Kreuz. Dasselbe ist um das Centrum in MM' blau, senkrecht dazu gelb gefärbt.	Roth I.

Wie sich ein positiver Krystall unter Anwendung von Farben höherer Ordnung verhalten muss, leuchtet nach der vorstehenden Tabelle für das monochromatische (gelbe) Licht sofort ein, und werden bei $n + \frac{1}{8}\lambda$, $n + \frac{1}{4}\lambda$ u. s. w. (n eine ganze Zahl) dieselben Erscheinungen sich darbieten, die bei $\frac{1}{8}\lambda$, $\frac{1}{4}\lambda$ u. s. w. vorkommen, so dass man sich leicht über das Rechenhaft ablegen kann, was erscheint.

Im Tageslicht sind die Erscheinungen indessen nicht so einfach, da, wie schon DOVE hervorhob, dann in höheren Ordnungen für gewisse Farben die Zustände der elliptischen Polarisation vorhanden sein können, während andere circulare Polarisation bewirken werden u. s. w.¹ Es werden daher hier die Erscheinungen nicht mehr in der Reinheit hervortreten können, wie bei den Farben der ersten Ordnung und nur noch im Allgemeinen entsprechend sein.

Wenn wir aber in der Tabelle sorgfältig das betrachten, was im convergenten weissen Lichte sich in den verschiedenen Quadranten abspielt, so sehen wir in denen, in welchen MM' liegt (vorn links und hinten rechts), durchweg ein Steigen der Farben. Dies muss so sein, da im einaxigen positiven Krystalle die parallel der Axe c schwingenden Strahlen diese Schwingungen parallel der Axe der kleinsten Elasticität vollführen und verstärkt werden müssen, wenn sie in MM' des Gypses ebenfalls die kleinere Elasticitätsaxe antreffen. Unbekümmert um die sich nach Lage bez. Form umkehrenden Punkte und Bogentheile geht daher das Steigen der Farben in den Quadranten, durch die MM' zieht, und das Fallen in den andern.²

Dies ist im Allgemeinen festzuhalten und namentlich bei Anwendung von Farben höherer Ordnungen, da hier nothwendigerweise ein Unterschied zwischen gestiegenen und gesunkenen Tönen an den Curventheilen der Mitte des Gesichtsfelds wie in den entsprechenden, jeweils sich anschliessenden Quadranten vorkommen muss.

Für die negativen Krystalle kehrt sich Alles um und es findet namentlich das Steigen der Farben in den Quadranten statt, durch die MM' des Gypses nicht geht.³

¹ H. W. DOVE, Versuche über Circularpolarisation des Lichts 1835. Pogg. Annalen Bd. 35 S. 590; Farbenlehre 1853 S. 233.

² Wenn also einzelne Schriftsteller, vergl. S. 236, mit Recht hervorgehoben haben, dass sich bei Anwendung von $\frac{3}{4}\lambda$ -Blättchen die Regeln, die für $\frac{1}{4}\lambda$ Geltung haben, umkehren, so gilt dies für die Polarisationszustände und Punkterscheinungen, nicht aber für das Steigen und Fallen der Farben in den betreffenden Quadranten.

³ Selbstverständlich haben auch die Achterfiguren die umgekehrte Lage. Da sie nun in beiden Fällen, wenn durch $\frac{1}{8}\lambda$ -Verzögerung (bez. $n + \frac{1}{8}\lambda$ -Verzögerung, n eine ganze Zahl) hervorgerufen, die gestiegenen Töne an den Enden ihrer langen Axen und, wenn durch $\frac{7}{8}\lambda$ -Verzögerung (bez. $n + \frac{7}{8}\lambda$ -Verzögerung) hervorgebracht,

Man sieht sonach ein, dass man mit dem Keil im convergenten Licht das $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{7}{8}\lambda$ -Gypsblättchen ersetzen und je nach der Beschaffenheit des Krystalls diejenige Compensation bewerkstelligen kann, die die am besten anzuwendende ist. Hat man noch andere Keile, so kann man auch mit anderen Tönen arbeiten, je nach Bedürfniss.

Vieles wird sich mit der Stelle des Keils erreichen lassen, die $\frac{1}{4}\lambda$ entspricht; $\frac{1}{8}\lambda$ ist auch gut zu verwenden, jedoch müssen die Keile richtig mit den niederen Tönen einsetzen; bei schwach doppelbrechenden Körpern wird man zu $\frac{7}{8}-\frac{8}{8}\lambda$ seine Zuflucht nehmen, weil bei Anwendung dieser Verzögerungen und weissen Tageslichts die charakteristischen Färbungen des Mittelfeldes beginnen. — Höhere Töne wird man seltener bei den Untersuchungen im convergenten Lichte nöthig haben.

Auch die circular polarisirenden Körper geben in den verschiedenen Lagen, besonders bei $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}\lambda$, charakteristische Erscheinungen und lassen sich gut untersuchen.

Zweiixige Körper, namentlich solche mit grossem Axenwinkel, Platten senkrecht zu einer Elasticitätsaxe oder parallel der optischen Axe, lassen sich ebenfalls, wie bekannt, mit dem Keil vortrefflich erforschen.

Man nimmt am besten monochromatisches Licht und führt den Keil (bez. den zu höheren Ordnungen ansteigenden) bei Platten senkrecht zur ersten Mittellinie in Diagonalstellung vortheilhaft senkrecht zur Axenebene ein, um eine gleichmässige Erscheinung an beiden Axenpolen zu haben. Verengen sich dann die Interferenzcurven, so ist die zweite Mittellinie von demselben Charakter wie MM' , parallel zu der Schneide des Keils, also der Krystall negativ, erweitern sich die Curven, so haben die zweite Mittellinie und MM' entgegengesetzten Charakter und der Krystall ist positiv.

Wohl bekannt sind die Untersuchungen der Krystalle im parallelen polarisirten Lichte mit Gyps- oder Glimmerblättchen oder Keilen,

an den Enden ihrer kurzen Axen (bez. an ihren Einschnürungen) zeigen, so könnte man, wenn durch natürliche Verhältnisse gebildete Achter vorkommen, aus Lage und Färbung derselben den Charakter der Doppelbrechung bestimmen, welcher dem betreffenden Körper, der sie zeigt, zukommt, wenn man in allen Fällen annehmen dürfte, dass die Erscheinung durch ein elliptisch polarisirendes Blättchen (wohl die einfachste Möglichkeit) zu Stande käme. — Dies ist zwar in den häufigsten Fällen, aber nicht immer der Fall und schon die durch die BERTIN'sche Combination hervorgebrachte Sohlencurve kommt anders zu Stande und zeigt unter Umständen — wie ich mir mitzuthellen später vorbehalte — andere Eigenschaften der Lage und der Färbung. Sonach lässt sich im Allgemeinen bei einem vorhandenen Achter der Charakter der Doppelbrechung des betreffenden Körpers durch jenen allein nicht bestimmen.

die jene in ihrer Aufeinanderfolge ersetzen. Es ist daher nicht nöthig, hier näher darauf einzugehen, und nur auf einen Umstand möchte ich noch aufmerksam machen.

Es wird bei diesen Untersuchungen immer darauf ankommen, zwischen Krystallplatte und Stelle im Keil, bez. verzögerndem Blättchen, bei Kreuzung gleichnamiger Elasticitätsrichtungen, eine Differenz zur Geltung zu bringen und es ist daher einerlei, ob der betreffende Überschuss auf Seite der Krystallplatte oder der Keilstelle liegt.

Daher untersucht man Blättchen schwacher Doppelbrechung, die sehr niedrige Töne geben, mit einem Gypsblättchen (bez. einer Keilstelle) Roth I. oder II. Ordnung (der sogenannten *teinte sensible* der Franzosen) und subtrahirt oder addirt zu diesen Tönen etwas, was in der Differenz oder in der Summe wieder sehr charakteristische Töne gibt. Dies ist die gewöhnlichste Methode der Compensation.

Hat man dagegen das andere Extrem vor sich, so geben selbst noch die neuesten Lehrbücher an, man müsse bei starker Doppelbrechung und hohen Tönen Blättchen niederer Ordnung wählen und doch ist hier das Gegentheil richtig. Compensiren in der Additions-lage nützt hier zwar überhaupt nichts, da man meistens nicht sehen kann, ob der dem schon an und für sich hohen Ton hinzugefügte noch eine Steigerung bewirkt, wohl aber ist Kreuzung mit einer Probeplatte (bez. Keilstelle) am Platz, die fast den Ton der zu untersuchenden Platte erreicht, alsdann wird eine Differenz eintreten und ein Überschuss auf Seiten der zu prüfenden Platte verbleiben, der selbst in den unteren Tönen aufleuchtet. Wendet man einen stark wirkenden Keil an, der die Plattenwirkung beim Kreuzen gleichnamiger Elasticitätsaxen zuerst vernichtet und dann seinen Überschuss zur Geltung bringt, so kommen beim Darübergleiten des Keils die Farben von der I. Ordnung an zur Erscheinung und man weiss dann, dass in der Plattenebene die grössere Elasticitätsaxe wie die Schneide des Keils liegt.



13. Über die Verwerthung anatomischer Merkmale bei der systematischen Gliederung der Icacinaceae.

Von A. ENGLER.

(Vorgetragen am 9. März; — gedruckt im Bericht vom 13. April
[St. XVIII]: — ausgegeben am 20. April.)

Hierzu Tafel II.

Die anatomischen Verhältnisse der von den meisten Systematikern mit den *Icacinaceae* in Verbindung gebrachten Gattung *Phytocrene* haben schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Botaniker erregt; nachdem GRIFFITH,¹ WALLICH,² LINDLEY,³ METTENIUS,⁴ v. MOHL,⁵ DE BARY⁶ die eigenthümliche Structur älterer Stämme von *Phytocrene* beschrieben hatten, hat in den letzten Jahren ROBINSON⁷ nicht bloss die Stamm-anatomie von *Phytocrene* entwicklungsgeschichtlich verfolgt, sondern auch die Anatomie einiger anderer den *Phytocreneae* zugerechneten Gattungen besprochen. Da ich die *Icacinaceae* für »Die natürlichen Pflanzenfamilien« bearbeitete, so lag mir daran, möglichst alle (38) Gattungen dieser in den Tropen ziemlich stark vertretenen Familie in Bezug auf ihre Stammanatomie zu untersuchen und den Werth derselben für die systematische Gruppierung der Familie zu prüfen, indem ich gleichzeitig die Blüthen- und Fruchtverhältnisse beachtete. Haben doch gerade die Blüthen- und Fruchtverhältnisse Veranlassung dazu gegeben, die habituell von den übrigen *Icacinaceae* abweichenden *Phytocreneae* mit diesen in eine Familie zu vereinigen. Bei allen

¹ GRIFFITH, Notulae IV. 320, Icon. posth. I. 487, 490, 496.

² WALLICH, Plantae asiaticae rariores, III. 11, 216.

³ LINDLEY, Introduction to botany, I. 211 t. und Veg. Kingd. 270.

⁴ METTENIUS, Beiträge zur Botanik (1850), S. 50—61 t. VI.

⁵ v. MOHL in Bot. Zeit. 1855, S. 875—878.

⁶ DE BARY, Vergl. Anatomie, S. 591—593.

⁷ B. L. ROBINSON, Beiträge zur Kenntniss der Stammanatomie von *Phytocrene macrophylla* Bl. in Bot. Zeit. 1889, S. 645, 661, 677, 693 t. X and On the stem-structure of *Jodes tomentella* Miq. and certain other *Phytocreneae* in Annales du Jardin botanique de Buitenzorg VIII, p. 96—121 T. VIII, IX.

Icacinaceen¹ finden wir stets strahlige, 5-4theilige Blüten, meistens mit doppelter, seltener mit einfacher Blütenhülle, die Blumenblätter meist frei, bisweilen vereint, in der Knospe klappig oder mit schmalem Rande sich deckend, häufig mit einwärts gebogenen Spitzen. Staubblätter sind ebenso viel als Blumenblätter vorhanden, mit denselben abwechselnd, alle fruchtbar oder in weiblichen Blüten alle steril. Das Gynaceum ist nur bei der Gattung *Lophopyxis* Hook. f. den übrigen Formationen der Blüthe isomer und nur bei dieser Gattung in allen Fächern (5) mit Samenanlagen versehen, von denen jedoch nur eine zum Samen reift. Sodann finden wir bei *Emmotum* Desv. ein aus 3 Carpellen gebildetes Gynaceum mit 6 Samenanlagen, von denen aber auch nur eine reift. Bei allen anderen Gattungen, auch bei den mit *Emmotum* zunächst verwandten, ist überhaupt nur 1 fertiles Fach vorhanden, doch deuten die meist ungleichseitige Entwicklung des Gynaceums und die bisweilen 3-lappige Narbe darauf hin, dass in dem Gynaceum mit dem fertilen Carpell noch 1-2 sterile verbunden sind. Ob die bei den Gattungen *Lasianthera* und *Tylecarpus* an der einen Seite des Gynaceums auftretende polsterförmige Anschwellung und ebenso die bei *Apodytes* auftretenden 2 seitlichen Polster sterilen Carpiden entsprechen, ist ohne Verfolgung der Entwicklungsgeschichte nicht sicher zu entscheiden. Als das bei allen von mir den Icacinaceen zugerechneten Gattungen durchgehende Merkmal sind die umgewendeten, mit 2 Integumenten versehenen Samenanlagen anzusehen, welche stets zu zweien vom Scheitel des Faches herabhängen, stets ihre Rhaphe nach aussen und die von einer Anschwellung des Funiculus bedeckte Mikropyle nach oben kehren; bisweilen sind die Rhaphen der beiden Samenanlagen nach innen gegen einander gewendet und die Samenanlagen nur halb nach innen gekehrt. Durch diesen Bau des Gynaceums nähern sich die Icacinaceen bekanntlich den Aquifoliaceen, von denen sie hauptsächlich durch die stets nur einen Samen enthaltende Frucht verschieden sind. Viele Systematiker fassen die Familie der Icacinaceen weiter oder rechnen vielmehr sämtliche Icacinaceen den Olacaceen zu, welche aber, wie MIERS² zuerst gezeigt hat, grösstentheils durch eine freie Centralplacenta ausgezeichnet sind, von welcher in jedes Fach 1-2 Samenanlagen herabhängen, welche ferner ein Androeceum besitzen, das nie mit demjenigen der

¹ Über die Begrenzung und die Merkmale der Familie vergl. man ENGLER in MARTIUS, Flora brasiliensis XII. 2, t. 9-12 und die demnächst erscheinende Bearbeitung in ENGLER und PRANTL, Natürliche Pflanzenfamilien, III. 5, S. 234 ff.

² MIERS, Observations on the affinities of the Icacinaceae in Ann. of nat. Hist. Ser. 2. IX. 218 und Contrib. to Botany I. 48.

Icacinaceen vollkommen übereinstimmt. (Vergl. meine Bearbeitung der Familie in ENGLER und PRANTL, Nat. Pflanzenfam. III. 1. S. 230 ff.) Hinsichtlich der Blütenhülle zeigen die *Icacinaceae* mancherlei Verschiedenheiten. So fehlen die Blumenblätter gänzlich in den männlichen Blüten von *Grisollea* H. BAILLON; da sie jedoch in den weiblichen Blüten vorhanden sind, und die Staubblätter in den männlichen Blüten dieselbe Stellung haben, wie bei den übrigen *Icacinaceen*, so liegt hier nur ein einfacher Abort vor. Auffallender ist das Verhalten der Gattungen *Trematosperma* URBAN und *Pyrenacantha* Hook., deren innige Verwandtschaft mit *Phytocrene*, *Miquelia* und *Chlamydocarya* sich in der gleichartigen Entwicklung eines warzigen oder stacheligen Endocarpes kund giebt, dessen Vorsprünge in den Samen eindringen. Während bei den letzteren Gattungen eine doppelte Blütenhülle vorhanden ist, ist dieselbe bei *Trematosperma* und *Pyrenacantha* einfach. Diese einfache Hülle verhält sich bezüglich der Knospenlage und der Stellung zu den Staubblättern gerade so wie die innere Hülle bei den übrigen vorher genannten Gattungen. BAILLON¹ glaubte nun, unter den verschiedenen Gattungen der *Phytocreneae* eine bessere Verbindung dadurch herzustellen, dass er die bei *Phytocrene*, *Miquelia* unzweifelhaft vorhandenen Kelchblätter als Calyculus, als eine Art Involucrum und die innere Blütenhülle oder Blumenkrone als Perianthium bezeichnete. Indessen ist bei letzteren Gattungen ein Grund für eine derartige Auffassung nicht vorhanden und für die zwei anderen auch nicht unbedingt, da einmal die Möglichkeit vorliegt, dass in einem Verwandtschaftskreis Formen mit einfacher und mit doppelter Blütenhülle entstehen können, andererseits nicht ausgeschlossen ist, dass auch Kelchblätter abortiren können. BAILLON, sowie auch BENTHAM und HOOKER² haben diesen *Phytocreneae* auch die Gattungen *Sarcostigma*, *Natsiatum* und *Jodes* zugerechnet, welche aber des für die *Phytocreneae* charakteristischen Endocarpes entbehren und, wie wir später sehen werden, auch in anderer Beziehung mit letzteren nicht übereinstimmen. Dagegen zeigen unter den echten *Icacineen* die beiden malayischen Gattungen *Gonocaryum* Miqu. und *Ryticaryum* BECC. einige Übereinstimmung mit den *Phytocreneae*, nämlich Vereinigung der Blumenblätter in eine glockige Röhre und starke Behaarung der Blumenblätter. Zudem sind bei *Gonocaryum* das Nährgewebe und der Keimling fast ebenso eigenartig entwickelt, wie bei *Phytocrene*, während bei *Ryticaryum* das Endocarp innen runzelig ist und schon etwas an das warzige oder stachelige Endocarp der *Phytocreneae* erinnert. Diese beiden Gattungen bilden somit eine

¹ BAILLON in DE CANDOLLE, Prodrömus XVII. p. 7—25.

² BENTHAM and HOOKER, Genera plant. I. 350.

wichtige Brücke, die von den echten *Icacineae* hinüberführt zu den *Phytocreneae*, welche, wie wir später sehen werden, in ihrem anatomischen Verhalten recht sehr von den echten Icacinaceen abweichen. Die Entwicklung des Nährgewebes in dem stets dünnschaligen Samen der Icacinaceen ist recht verschieden. Bei zahlreichen Gattungen bleibt der Keimling im Samen klein und liegt an dem einen Ende des in der Mitte oft einen Spalt zeigenden Nährgewebes. Bei *Icarina* liegt der Keimling mehr in der Mitte des Nährgewebes und hat breite flache Keimblätter. Bei *Ryticaryum* ist der Embryo nur wenig kürzer als sein Nährgewebe und hat an dem kurzen Stämmchen grosse flache Keimblätter. Bei *Gonocaryum* endlich ist das Nährgewebe an seiner Peripherie vielfach zerklüftet und die sehr dünnen Keimblätter sind gefaltet. Breite laubige Keimblätter finden wir bei allen *Phytocreneae*, deren Samen uns bekannt sind, bei *Pyrenacantha* HOOK., *Miquelia* MEISS., *Chlamydocarya* BAILL. und *Phytocrene* WALL., desgleichen bei *Natsiatum* HAM. und *Jodes* BLUME. Bei *Phytocrene* ist nun noch ganz besonders auffallend die starke Zerklüftung des Nährgewebes und die Längs- und Queraufaltung des Embryo, welche bei *Gonocaryum* ihr Analogon finden. Die Gattung *Sarcostigma* WIGHT et ARS., welche die früheren Autoren auch zu den *Phytocreneae* rechneten, hat (nach den Angaben von BENTHAM und HOOKER, sowie BAILLON'S — ich selbst hatte keine Samen zur Verfügung) im reifen Samen kein Nährgewebe mehr aufzuweisen; sie ist also in dieser Beziehung weiter vorgeschritten, als die *Phytocreneae*.

Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Frucht und des Embryo lassen sich die bisher zu den Icacinaceen gestellten Gattungen in vier Gruppen bringen, welche sich folgendermaassen charakterisiren:

1. *Icacineae*. Bäume oder Sträucher, selten kletternd, mit stets ganzrandigen, eiförmigen bis lanzettlichen Blättern, meist mit Zwitterblüthen. Endocarp der Frucht innen glatt oder nur runzelig. Embryo klein, am Scheitel des Nährgewebes, seltener so lang wie dieses.

2. *Jodeae*. Kletternde Sträucher, bisweilen mit Ranken, mit ganzrandigen, eiförmigen oder herzförmigen gezähnten Blättern, mit oberseits schwach gefurehtem Blattstiel, mit eingeschlechtlichen Blüthen. Endocarp der Frucht innen runzelig. Embryo stets gross, fast so lang wie das Nährgewebe, mit dünnen breiten Keimblättern.

3. *Sarcostigmataceae*. Kletternde Sträucher, mit länglichen, ganzrandigen Blättern, mit stielrundem Blattstiel, mit eingeschlechtlichen Blüthen. Endocarp der Frucht innen runzelig. Embryo nicht

von Nährgewebe umgeben, mit dicken fleischigen Keimblättern.

4. *Phytocreneae*. Meist kletternde Sträucher, häufig mit gezähnten oder gelappten Blättern, mit stielrundem Blattstiel, selten mit Zwitterblüthen, meist zweihäusig. Endocarp innen warzig oder stachelig. Embryo so lang wie das Nährgewebe, mit dünnen breiten Keimblättern.

Die Gattungen *Lophopyxis* HOOK. f. und *Cardiopteryx* WALL.,¹ von denen später die Rede sein soll, sind hierin noch nicht eingeschlossen.

Es haben nun meine Untersuchungen ergeben, dass die vier genannten Gruppen auch anatomisch gut charakterisirt sind und dass somit dieselben als natürlich gelten können.

Das Hautgewebe und das mechanische Gewebe zeigt bei den vier Gruppen keine erheblichen Verschiedenheiten; die Unterschiede liegen hauptsächlich in den Leitungsgeweben.

1. *Icacineae*. Das mechanische Gewebe des Pericykel stellt hier fast immer einen continuirlichen Cylindermantel dar, der entweder nur aus dickwandigen Bastzellen oder aus Bast und fast isodiametrischen Sklerenchymzellen gebildet wird; letzteres ist der Fall bei *Villaresia paniculata* (MART.) MIERS, *Platea excelsa* BLUME, *Leptaulus daphnoides* BENTH., *Gonocaryum gracile* MIQ., *Emmotum fagifolium* DESV., *Poraqueiba guianensis* AUBL., *Urandra apicalis* THWAITES, *Apodytes dimidiata* E. MEYER, wo das Sklerenchym sehr stark vorherrscht, *Rhaphio-styles Poggei* ENGL., *Pennantia Endlicheri* REISS. — Im Hadrom finden wir durchgehends mit spaltenförmigen Hoftüpfeln versehene Tracheiden (Fasertracheiden), meist in Gruppen, welche aus 2–4 Schichten mit deutlich radiärer, nur hier und da durch die Gefässe gestörter Anordnung bestehen. Die Markstrahlen sind in den meisten Fällen 1 bis 3 reihig, selten breiter, so bei *Chariessa Smythii* (F. v. MUELL.) BECC. theilweise 5–6 reihig, bei *Emmotum fagifolium* DESV. 3–5 reihig. Von den Gefässen liegen nur selten viele (so bei *Platea excelsa* BLUME und *Pennantia Endlicheri* REISS.) in einer Reihe, meist sind sie in den Prosenchymgruppen unregelmässig vertheilt; sie besitzen an ihren Längswänden mehr oder weniger spaltenförmige gehöfte Tüpfel und an ihren sehr steilen und langen Scheidewänden zeigen sie Leiterperforirung, die gegen die Längswand hin bisweilen in netzförmige übergeht.

So fand ich es bei allen Gattungen, welche ich untersuchen konnte (*Cassinopsis*, *Villaresia*, *Chariessa*, *Platea*, *Alsodeiopsis*, *Leptaulus*,

¹ Die Gattung wurde von WALLICH in „Plantae asiaticae rariores“ *Cardiopterys* genannt; der Name lautet aber richtig gebildet *Cardiopteryx* und collidirt dann nicht mit dem der fossilen Farngattung *Cardiopterys* SCHIMP.

Lasianthera, *Stemonurus*, *Urandra*, *Apodytes*, *Rhaphiostyles*, *Desmostachys*, *Pennantia*, *Kummeria*, *Mappia*, *Leretia*, *Icecina*, *Emmotum*, *Poraqueiba*); bisweilen geht auch an den Längswänden gegen die Enden hin die gehöfte Tüpfelung in netz- oder leiterförmige Verdickung über. Der Durchmesser der einzelnen Gefässe ist $1\frac{1}{2}$ –3 mal so gross, als der der Tracheiden. Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Entwicklung des Hadroms allseitig dieselbe ist und dass auch die Gefässe in dem secundären Hadrom in radiärer Richtung ziemlich gleichmässig vertheilt sind.

2. *Jodeae*. Das mechanische Gewebe des Pericykel wird auch hier durch einen fast continuirlichen Mantel von Bast und Sklerenchym gebildet (*Jodes* BLUME und *Polyporandra* BECC.) oder es ist ringsum nur dickwandiger Bast vorhanden (*Natsiatum* HAM.). Im Hadrom finden wir sowohl bei *Jodes* und *Polyporandra* wie bei *Natsiatum* Gefässe mit spaltenförmigen Hoftüpfeln und mit einfacher Perforation der Querwände; die Länge der einzelnen Glieder ist etwa 4–6 mal so gross wie der Querdurchmesser, doch kommen bei *Jodes* und *Natsiatum* in dem auf das Ringholz folgenden Hadrom auch sehr weite Gefässe vor, bei denen ebenso wie bei der unten zu besprechenden Gruppe der *Phytocreneae* die Länge der Glieder nur $1\frac{1}{2}$ –3 mal so gross ist, als ihr Durchmesser. Bei allen drei Gattungen finden wir die Gefässe von Tracheiden umgeben. Die Entwicklung des Hadroms bei *Jodes* ist bereits eingehend von B. L. ROBINSON (Annales du jardin botanique de Buitenzorg VIII. S. 96 ff.) beschrieben worden. Es sind im Hadrom verschiedene Schichten zu unterscheiden: auf die primären Gefässe, welche die Markscheide bilden, folgt eine von ROBINSON als »Ringholz«, von STRASBURGER als »axiales Holz« bezeichnete Schicht, welche da, wo sie sich an die primären Gefässe anschliesst, ebenfalls Gefässe enthält, im Übrigen aber meist aus Tracheiden besteht, von denen je 1–2 Reihen von je 2 einreihigen Markstrahlen eingeschlossen sind. Während dieses Ringholz ringsum ziemlich gleich breit ist, ist das darauf folgende Hadrom nach den verschiedenen Richtungen hin sehr ungleichmässig entwickelt, nämlich an den beiden nicht Blätter tragenden Seiten des Internodiums sehr stark und reich an weitleumigen Gefässen, welche die meist zweireihigen und von je 2 einreihigen Markstrahlen eingeschlossenen Tracheidenreihen unterbrechen, dagegen an den beiden beblätterten Seiten in einer viel dünneren Lage, bestehend aus spindelförmigen durch Quertheilung von Cambium entstandenen Zellreihen, von denen die einen weitleumig und lang, die anderen englumig und 2–3 mal kürzer sind; ausserdem treten vereinzelt englumige Gefässe auf. Während aber bei *Jodes tomen-*

tella MIQ. dieses Gewebe zartwandig bleibt, geht es bei *J. ovalis* BLUME und bei *Polyporandra Hansemanni* ENGL. sehr früh in Verholzung über.

Auch die Gattung *Natsiatum* zeigt im Wesentlichen dieselben Verhältnisse, wie *Jodes* und *Polyporandra* bezüglich der Hadromentwicklung, obwohl *Natsiatum* nicht wie diese mit Ranken klettert und auch nicht gegenständige Blätter besitzt, sondern abwechselnde; auch bei *Natsiatum* ist der Holzkörper zweilappig (bisweilen auch dreilappig) entsprechend 2 Orthostichen, welche hier von alternirenden, nicht gegenständigen Blättern gebildet werden. An den Blattseiten der Internodien erfolgt nur spärliche Hadromentwicklung. Bei allen 4 von mir untersuchten Arten der *Jodeae* ist das Leptom rings um das Hadrom entwickelt, aber bei *Jodes tomentella* BLUME finden sich an den beiden Seiten mit breiterer Hadromentwicklung nur schwache unregelmässig vertheilte Gruppen, dagegen an den beiden Seiten mit schwächerer Hadromentwicklung, also an den Blätter tragenden, je 3 breite durch breite Markstrahlen getrennte Stränge von Leptom, entsprechend je 3 Gruppen primären Hadroms, denen sie nahezu gegenüber liegen. Während also bei den *Icacinaceae* die Wasserleitung im ganzen Umfang der Zweige ziemlich gleichmässig vor sich geht, macht sich bei den *Jodeae* ein Fortschritt darin bemerkbar, dass an den nicht beblätterten Seiten Hadrom mit weitleumigen Gefässen besonders reichlich entwickelt wird. Die weitleumigen Gefässe sind, wie es namentlich von den später zu besprechenden *Phytocreneae* bekannt ist, besonders reichlich mit Wasser erfüllt. Da nun die weiten Wasserleitungsröhren bei den Blättern vorbei in die folgenden Internodien hineinführen, so ist anzunehmen, dass in ihnen vorzugsweise die Bewegung des Wassers vom Boden bis zum Ende der Liane erfolgt, während das gefässarme aber tracheidenreiche Hadrom der Blattseiten das für die Blätter nöthige Wasser herbeischafft. Man kann sich leicht vorstellen, wie diese Anpassung entstanden ist. Die reiche Entwicklung zahlreicher und langer Internodien und die vorzugsweise erst am Ende der in die Baumkronen hinaufgekletterten Liane erfolgende Verzweigung hat einen besonders starken Wasserverbrauch in den oberen Regionen des Stengels zur Folge. Da nun immer die Bewegung der Stoffe nach der Richtung hin erfolgt, wo sie am meisten verbraucht werden, so ist leicht verständlich, dass das Bodenwasser vorzugsweise in den zwischen den Blättern entwickelten Hadrompartien fortgeleitet wird und der zugleich an diesen Stellen vorhandene Wasserreichtum eine Erweiterung der ganzen Gefässe zur Folge hat. Ebenso bezeichnet die stärkere Entwicklung des Leptoms an den Blattseiten von *Jodes tomentella* BLUME einen Fortschritt gegenüber der allseitig gleichen Entwicklung bei den

übrigen *Jodeae* und bei den *Iceacineae*. Die Leptomstränge bilden so ein System, welches vorzugsweise die Blätter und deren Axelnknospen verbindet, in welchen der stärkste Verbrauch der im Leptom enthaltenen Baustoffe stattfindet. Dr. SCHENCK,¹ der soeben seine sehr umfangreichen Untersuchungen über den anatomischen Bau der Lianen publicirt hat, sieht mit STRASBURGER in den weiten Gefässen vorzugsweise der Wasserspeicherung dienende Organe und führt die Entwicklung weiterer Gefässe darauf zurück, dass der Stamm der Lianen im Verhältniss zu seiner reich entwickelten Laubkrone einen relativ geringen Durchmesser besitzt und somit in seinem Holz eine bedeutend grössere Menge von Wasser leiten muss, als ein gleich dicker Holzcylinder eines Baumes.

ROBINSON² hat an älteren Zweigen der zuletzt erwähnten Art, wie sie mir nicht zugänglich waren, das sehr eigenthümliche Verhalten constatirt, dass in dem Ringholz da, wo die Blattspuren von dem Ring abgehen, zwei Lücken entstehen, in welche das periphere Cambium eindringt, um dann schliesslich um jede Hälfte des Ringholzes und des Hadromes herum einen fast continuirlichen Ring zu bilden und in jeder seiner beiden neugebildeten markständigen Hälften zwei Leptombündel zu erzeugen. Da aber bei keiner anderen *Iceacineae* die Erscheinung wieder beobachtet wird, so ist sie sicher nicht von irgend welchem systematischen Werth und mehr als Curiosum anzusehen.

3. *Sarcostigmateae*. Von der hierher gehörigen Gattung *Sarcostigma* untersuchte ich die indische *S. Kleinii* WIGTH et ARN. in Herbarmaterial. Im Gegensatz zu *Jodes* und *Natsiatum* ist bei dieser Kletterpflanze das Hadrom ringsum gleichmässig entwickelt. Zwischen Tracheidengruppen, in welchen die Gefässe sparsam und unregelmässig vertheilt sind, liegen meist zweireihige Markstrahlen. Die Gefässe sind ziemlich von gleicher Beschaffenheit, wie bei den *Jodeae*; aber von geringerer Weite. Vollständig abweichend verhält sich *Sarcostigma* bezüglich des Leptomes. Dasselbe ist ausserhalb des Cambiumringes nur sehr schwach entwickelt, dagegen sind auf jedem Querschnitt interxyläre Leptomstränge von ovalem Querschnitt wahrzunehmen; ich fand deren 3 in einem Kreise liegend und in das Hadrom eingebettet.

Da mir von *Sarcostigma* nur trockenes Material zur Verfügung stand, so konnte ich die Entstehung der interxylären Leptomstränge nicht entwicklungsgeschichtlich verfolgen, jedoch findet man an Quer-

¹ H. SCHENCK, Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen, II. Theil, S. 7.

² ROBINSON, On the stem-structure of *Jodes tomentella* Miqu. etc. in Annales du jardin botanique de Buitenzorg. VIII. 98-114, t. XVIII. f. 1, 4.

schnitten aus dem oberen Theil eines Internodiums auch bisweilen einen Leptomquerschnitt aussen an den das Hadrom umgebenden Cambiumring anschliessend, woraus hervorzugehen scheint, dass nachdem das Cambium an einzelnen Stellen (den Blattseiten) nach innen weniger Hadrom, nach aussen aber reichlicher Leptom entwickelt hat, der hierdurch unterbrochene Cambiumring ausserhalb des Hadroms wieder durch einen neuen ausserhalb des Leptomstranges entstehenden Cambiumstreifen ergänzt wird und dann wieder ringsum Hadrom erzeugt, welches den zuvor gebildeten Leptomstrang einschliesst.

4. *Phytocreneae*. Das mechanische Gewebe wird bei diesen aus dickwandigem Bast und aus Collenchym gebildet. Ersterer bildet einen fast continuirlichen Mantel bei *Pyrenacantha volubilis* Hook. f. und bei *Miquelia Kleinii* Miq., einen mehr unterbrochenen Mantel bei den anderen Gattungen: *Trematosperma* URBAN, *Chlamydocarya* BAILL. und *Phytocrene* WALL. In den jüngeren Zweigen ist allgemein unter dem wenigschichtigen grünen Hypoderm eine mehrere Zelllagen starke Collenchymschicht anzutreffen, die von dem darunter liegenden Bast nur durch wenige Parenchymschichten getrennt ist. An älteren Stengeln von *Phytocrene macrophylla* BLUME und *Chlamydocarya Soyauxii* ENGL. geht das Collenchym nach aussen noch in einen mehrere Schichten starken Sklerenchymmantel über und auch an dem knolligen Stamm von *Trematosperma* finden sich unter dem mehrschichtigen grünen Parenchym 1–2 Schichten Sklerenchym, das hier nur in geringem Grade mechanisch wirkt, da der Stamm auch durch ein saftstrotzendes Parenchym gefestigt wird.

Das Hadrom verhält sich bei allen Gattungen, die ich als *Phytocreneae* zusammenfasse, im Wesentlichen so, wie dies von B. L. ROBINSON¹ für *Phytocrene* angegeben wurde. Durchweg ist das Hadrom stärker entwickelt an den Theilen, welche zwischen den Blattinsertionen liegen, unterhalb der letzteren tritt in der Regel das Leptom mehr hervor; allemal bildet sich zuerst um das Mark Ringholz, an dessen innerem Rande die primären Gefässe eingebettet sind, und darauf folgt an den zwischen den Blattinsertionen liegenden Theilen eine starke Auflagerung von Hadrom mit zahlreichen Gefässen, insbesondere mit vielen weitleumigen, kurzgliederigen mit horizontal liegenden, einfach perforirten Querwänden und mit gehöften Tüpfeln, — an den unterhalb der Blattinsertionen gelegenen Theilen dagegen zunächst eine schwache Auflagerung von Hadrom mit gar keinen oder wenigen englumigen Gefässen; statt

¹ B. L. ROBINSON in Bot. Zeitung 1889 Nr. 40–43.

dieser finden wir englumige ein Maschennetz bildende Tracheiden, durchsetzt von Strahlen weitlumigerer parenchymatischer Zellen, wie dies namentlich auch auf dem in Fig. 1 dargestellten halb tangentialen

Fig. 1.

L L T L



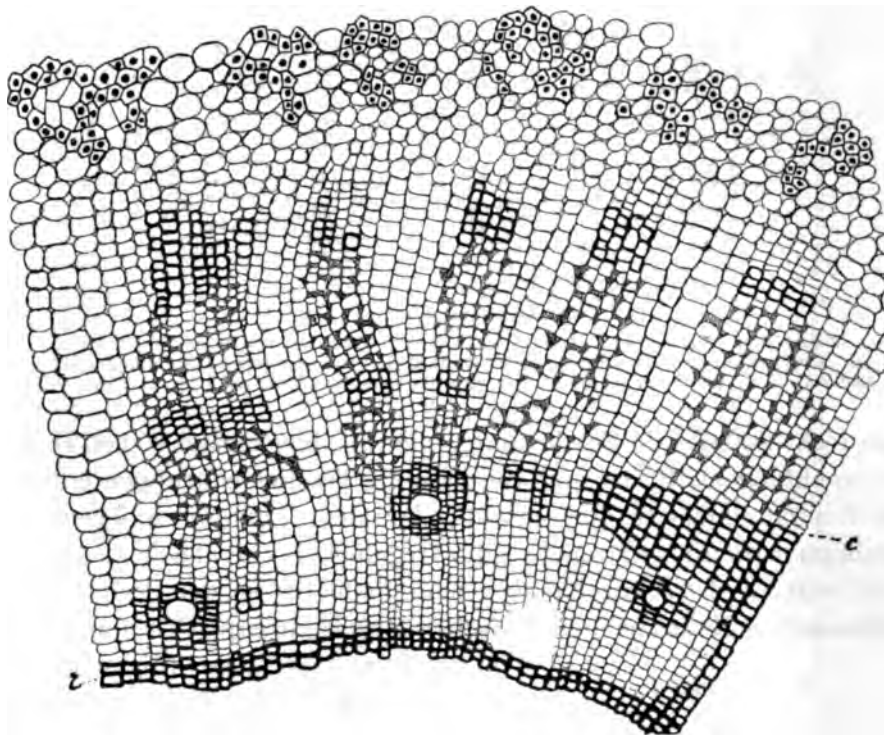
R P R P L L T T T

Trematosperma cordatum URBAN. Halbtangentialer Längsschnitt durch einen 1,5 cm dicken Zweig. *R* die maschenförmig verbundenen Stränge des Ringholzes, durchsetzt von Parenchymstrahlen (*P*). — *L L* die maschenförmig verbundenen Leptomstränge, durchsetzt von reichlich Krystalldrüsen führendem Parenchym. — *T, T* maschenförmig vorhandene Tracheidenstränge. — Reproduction der photographischen Aufnahme.

Schnitt eines Stengels von *Trematosperma cordatum* URBAN hervortritt. Der gefässreichen Hadromplatte entspricht in der Regel nach aussen

nur schwaches Leptom, während dasselbe gegenüber dem gefässarmen Hadrom (also vor den Blättern) oft sehr reichlich entwickelt ist. Doch ist dieser Unterschied in der Leptomentwicklung nicht bei allen

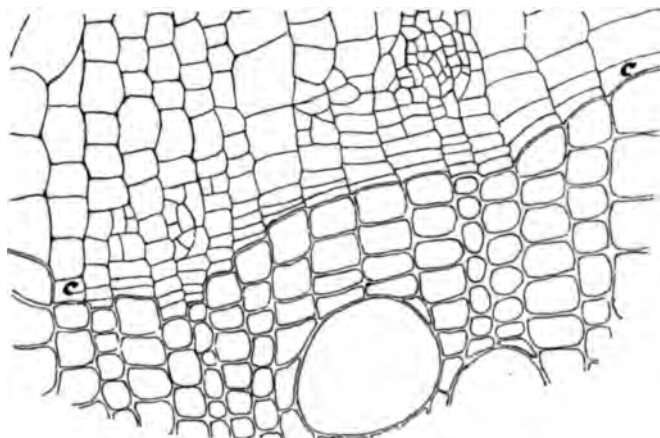
Fig. 2.



Trematosperma cordatum URBAN. Querschnitt durch einen Theil eines 1 cm dicken Stengels (82/1).
 r äusserste Schichten des Ringholzes oder Axialholzes. Darauf folgt das saftreiche mehrfach von Parenchym durchsetzte Hadrom mit einzelnen grossen Gefässen und hierauf die Leptomhadromstränge, hervorgegangen aus dem das saftreiche Hadrom umgebenden Cambium (c). Die dickwandigeren Querschnitte gehören den Tracheiden an, die kleinzelligen Partien sind Leptom, dazwischen weillumiges Parenchym.

Phytocreneae gleich stark; nämlich bei der Gattung *Trematosperma* URBAN ist zwar, wie aus Querschnitten junger Stengel hervorgeht (Taf. II Fig. 1 und 2), die Hadromentwicklung an den unterhalb der Blattinsertionen gelegenen Stellen unterbrochen; aber die Leptomentwicklung ist, wenigstens an den älteren Zweigen, ringsum gleich mächtig und zwar ganz auffallend stark. Zwar sehen wir an dem in Fig. 3 dargestellten Querschnitt eines jungen Zweiges die sogleich zu besprechenden dem Leptom anliegenden Tracheidengruppen nur an der Blattseite (so will ich den Theil des Internodiums nennen, welcher unterhalb der Blattinsertion liegt) hervortreten, hingegen nicht an den Zwischenblattseiten; jedoch ist bei etwas dickeren und weiter vorgeschrittenen Stengeln die Entwicklung des Leptoms und der sie begleitenden Tracheidengruppen an den Blattseiten und Zwischenblattseiten der Internodien eine annähernd gleichartige (vergl. Fig. 2).

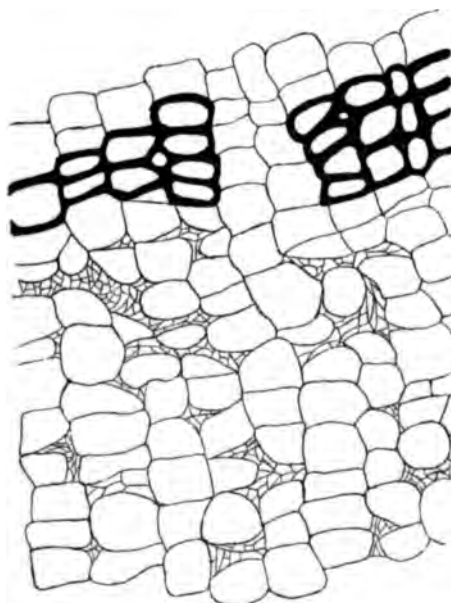
Fig. 3.



Trematosperma cordatum URBAN. Querschnitt durch einen Theil eines 1 cm dicken Stengels (340/1). Von c bis c Cambium, auf der inneren Seite desselben ein Theil einer Hadromplatte mit Fasertracheiden und 2 grossen Gefässen von 0.05 mm Weite, auf der äusseren Seite das englumige Leptom und grosszellige Parenchym.

Eine recht auffallende Erscheinung, die uns hier zunächst bei *Trematosperma* entgegentritt, ist nun die, dass die Tracheidengruppen entweder mit Leptomsschichten abwechseln oder dem Leptom anliegen. Das Cambium verläuft zwar nicht ganz regelmässig in gleichem Abstände vom Centrum des Stengels; aber man findet es an der Peripherie des gefässreichen Hadroms und zwischen den Hadromplatten ungefähr in derselben Zone (Fig. 2 und 3 c),

Fig. 4.

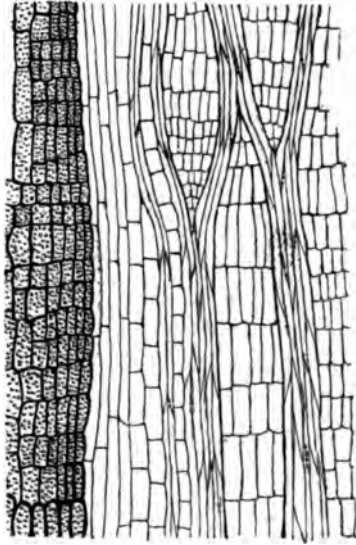


Trematosperma cordatum URBAN. Querschnitt durch einen Leptomhadromstrang, wie in Fig. 2, aber stärker vergrössert (340/1).

allerdings mehrfach von den Markstrahlen unterbrochen. Dieses Cambium, welches nach innen an den Zwischenblattseiten Hadrom, an den Blattseiten saftreiches Parenchym entwickelt, erzeugt nach aussen zunächst getüpfelte Tracheiden und dann Leptom, letzteres reichlich durchsetzt von Parenchymgruppen. Das Leptom besteht aus Siebröhren und Geleitzellen, welche kaum mehr als dreimal so lang sind, wie die dazwischen gelagerten Parenchymzellen. Die Querschnitte zeigen häufig deutlich die Continuität der Zellreihen von den Tracheiden des inneren Hadroms an bis zu den äusseren dem Leptoman ange-

lagerten Tracheiden (Fig. 2 und 4). Ferner überzeugt man sich an radialen und tangentialen Längsschnitten leicht, dass das Leptom ein reich entwickeltes Maschennetz darstellt.

Fig. 5.



Trematosperma cordatum URBAN. Schiefer Längsschnitt durch einen Stengel. Links ein Theil des Ringholzes. Rechts davon Maschen bildende Leptomstränge mit dazwischen gelagertem Parenchym.

Fig. 6.

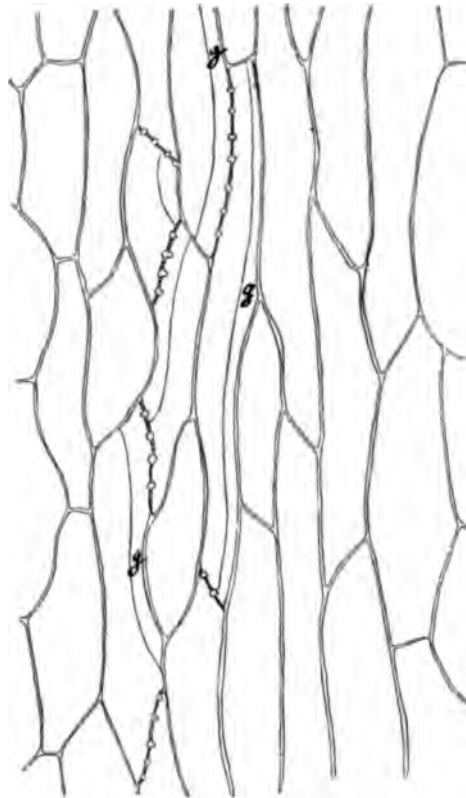


Trematosperma cordatum URBAN. Längsschnitt durch eine äussere Tracheidengruppe, die in Fig. 4 quer durchschnitten ist.

Der in Fig. 5 dargestellte Schnitt ist nicht vollkommen radial, sondern etwas schief und geht durch eine kurzellige Gruppe des Ringholzes, dann durch das dickwandige, demselben anliegende saftreiche langzellige Gewebe, sodann durch mehrere mit einander netzförmig verbundene Leptomstränge. Fig. 6 zeigt einen Längsschnitt durch eine innere Tracheidengruppe. Auch Fig. 1, welche einen halb tangentialen Schnitt darstellt, zeigt deutlich die maschenförmige Verbindung der mächtig entwickelten Leptomstränge und ihr Verhältniss zu dem dazwischen gelagerten Parenchym; man bemerkt aber auch anderseits, dass die äusseren Tracheidenstränge, welche dem Leptom anliegen, unter sich durch schräg verlaufende Tracheidengruppen verbunden sind. Eigenthümlich ist, dass die Siebröhren trotz ihrer Kürze oft sehr lange Siebplatten haben, welche vorzugsweise an den radialen Schnitten von der Fläche sichtbar werden (Taf. II Fig. 5), während an den tangentialen und an den schiefen Schnitten die Siebplatten durchgeschnitten werden (Fig. 7). Auch in dem mächtigen 3^m Dicke erreichenden knolligen Stamm von *Trematosperma* findet man sowohl in der Längsrichtung als wie schief und quer verlaufende Leitbündel, welche aus Leptom und mit gehöften spaltenförmigen Tüpfeln

versehenen Gefässen und Tracheiden bestehen. Diese Bündel sind aus neuerzeugten Cambien entstanden, welche sich in dem mächtigen durch intercalares Wachstum ungemein erweiterten Grundgewebe des Stammes bildeten. Diese Cambien sind unregelmässig zerstreut und auf die später von den Mestomsträngen eingenommenen Stellen beschränkt. Es sei hierbei daran erinnert, dass auch in dickeren Stämmen von *Phytocrene* secundäre Cambien entstehen, in welchen neue Hadromstränge und Leptom-Hadromstränge erzeugt werden;¹ dort bilden aber das secundäre und die folgenden Cambien continuirliche Zonen, welche bald im Pericyclus, bald auch zwischen den älteren Leptom-Hadromsträngen und dem Bast verlaufen, und ebenso wie das erste Cambium nach aussen gefässreiche Hadromstränge und gemischte Leptom-Hadromstränge erzeugen, die grösstentheils von den Radien der zuerst gebildeten gleichnamigen Elemente getroffen werden, meist aber viel unregelmässiger sind, als die zuerst gebildeten. Bei dem dritten, vierten und den folgenden Cambien von *Phytocrene* nehmen die Unregelmässigkeiten immer mehr zu und die Dicke der Cambien sowie der aus ihnen hervorgehenden Stränge nimmt immer mehr ab, auch treten nunmehr häufig hinter den Leptom-Hadrombündeln gefässreiche Hadrombündel auf und umgekehrt hinter diesen ein oder einige Leptom-Hadrombündel. Von *Trematosperma* ist schliesslich noch zu erwähnen, dass hier schon in jungen Stengeln die grosszelligen Markstrahlen zwischen den ausserhalb des Ringholzes gelegenen Leptom-Hadromsträngen verschleimen, dass auch diese selbst an der Verschleimung theilnehmen und häufig der zwischen den gefässreichen Hadromauflagerungen gelegene Raum von grossen Schleim-

Fig. 7.



Trematosperma cordatum URBAN. Schiefer, fast tangentialer Schnitt durch eine Leptompartie und angrenzendes Parenchym. Die Siebplatten im Längsschnitt; g die Geleitzellen.

¹ ROBINSON in Bot. Zeit. 1889, S. 666 ff.

massen erfüllt ist. Einzelne Schleimgänge treten auch im Hadrom auf (Taf. II Fig. 3, *schl.*), da dasselbe in einzelnen tangentialen Streifen nicht verholzt. Die übrigen Gattungen der *Phytocreneae*: *Pyrenacantha*, *Miquelia*, *Phytocrene* und *Chlamydocarya* sind alle dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen, wenigstens in den jungen Stengeln, in viel höherem Grade als bei *Trematosperma* die Leptom-bildung auf die Blattseiten der Internodien beschränkt ist; ferner haben die an den Blattseiten verlaufenden Stränge insofern eine eigenthümliche Zusammensetzung, als bei ihnen Leptom und Hadromelemente in eigenthümlicher Weise gemischt sind. Was zunächst die Zahl der Stränge betrifft, so findet man in den jungen Stengeln häufig 3 oder 5 mit $\frac{2}{5}$ Divergenz; an den älteren Stengeln der windenden *Phytocrene* werden auch in einer Zone 8, 9, 10, 11, 12, 13 Stränge wahrgenommen; ROBINSON (a. a. O. S. 681, 682) hat gezeigt, dass diese Zahlen im Zusammenhang mit der $\frac{5}{8}$ - und $\frac{5}{13}$ -Stellung der Blätter stehen, dass aber die Stränge durch mehrere Internodien verlaufen und oberhalb der Blattinsertionen enden, so dass auf einzelnen Querschnitten die Zahl der Platten der Zahl der Orthostichen entspricht, während sie auf anderen Querschnitten geringer ist. An 1^{cm} dicken Zweigen der *Chlamydocarya Soyauxii* ENGL. fand ich bereits 5 Kreise von Leptom-Hadromsträngen und zwar interxylär, zweifellos alle aus demselben Cambiummantel hervorgegangen. Der innerste Kreis wird wie bei einjährigen Zweigen der *Chlamydocarya Thomsoniana* BAILL. aus 5 Strängen gebildet, welche um $\frac{2}{5}$ divergiren, in den folgenden Kreisen werden die Stränge zahlreicher und zeigen keineswegs immer gleiche Abstände. Leider verfüge ich nur über ein kurzes Stammstück mit 2 Internodien, welches nicht gestattet, den Verlauf dieser Leptomstränge festzustellen.

Über die Zusammensetzung der Leptom-Hadromstränge von *Phytocrene*, *Chlamydocarya*, *Pyrenacantha*, *Miquelia* ist Folgendes zu bemerken: Siebröhren und Geleitzellen sind in eigenthümlicher Weise mit Tracheiden gemischt, bei *Phytocrene macrophylla* BLUME so, dass auf eine tangentielle Reihe von Siebröhren eine Schicht von 2–3 tangentialen Reihen Tracheiden folgt, andererseits die Siebröhren mit den Tracheiden radiäre Reihen bilden, welche von einander durch Reihen englumiger Cambiform- und kurzer Sklerenchymzellen oder auch Krystallschläuche getrennt sind, die sich an die Markstrahlen anschliessen. Wir haben hier Stränge vor uns, die wir als Leptom-Hadromstränge oder als gemischte Stränge bezeichnen können. Von DE BARY (Vergl. Anatomie S. 592) und ROBINSON (Bot. Zeitung 1889, S. 662 ff.) werden diese Leptom-Hadromstränge »Bastplatten« genannt,

doch ist diese Bezeichnungsweise nicht beizubehalten, da von *Bast* in diesen Strängen keine Spur enthalten ist. Bei *Phytocrene palmata* WALL. fand ich keine so regelmässige Anordnung des Leptoms und Hadroms, wie bei *Phytocrene macrophylla* BLUME. Zwar liegen auch hier die Siebröhren ziemlich deutlich in radialen Reihen und haben ihre ungemein steilen und langen Siebplatten radial gestellt; aber die Querreihen der Tracheiden sind nicht so regelmässig, wie bei der anderen Art, bald liegen zwischen 2 Siebröhren einer radialen Reihe 2, bald 3, bald 4 Schichten von Tracheiden, bald auch nur eine. *Miquelia Kleinii* MEISSN. zeigt wieder eine ungemein regelmässige Vertheilung der Leptom- und Hadromelemente mit deutlich hervortretenden ein- und zweischichtigen Tracheidenreihen; *Pyrenacantha volubilis* Hook. f. dagegen verhält sich so wie *Phytocrene palmata*; bei den beiden von mir untersuchten Arten der Gattung *Chlamydocarya*, *Chl. Thomsoniana* BAILL. und *Chl. Soyauzii* ENGL. dagegen treten die Tracheiden nur ganz vereinzelt in den Strängen auf und das Leptom gewinnt hier vollständig die Oberhand, was wohl damit zusammenhängen mag, dass hier diese Stränge von dem Hadrom vollständig umschlossen werden (Taf. II Fig. 5).

Somit kann als ein gemeinsames Merkmal der von mir zu den *Phytocreneae* gestellten und durch ein stacheliges Endocarp ausgezeichneten Gattungen das Vorkommen von gemischten Leptom-Hadromsträngen angesehen werden.

Dass im anatomischen Bau der hinsichtlich ihrer Blütenverhältnisse einander so nahe stehenden *Icacineae*, *Jodeae*, *Sarcostigmateae* und *Phytocreneae* so beträchtliche Verschiedenheiten wahrgenommen werden, erscheint auf den ersten Blick befremdlich; es findet theilweise seine Erklärung in der verschiedenen Lebensweise der Vertreter dieser Gruppen; aber keineswegs ausschliesslich in derselben. Die *Icacineae* sind Bäume und Sträucher, bei denen, obwohl sie auch bisweilen als »scandentes« bezeichnet werden, das Klettern noch nicht weit vorgeschritten ist, bei denen namentlich kürzere Internodien und reiche Verzweigung die Regel sind, so dass also eine allseitig gleichmässige Vertheilung der Leitungsbahnen hier sich noch nützlich erweist. Die *Jodeae*, *Sarcostigmateae* und *Phytocreneae* sind kletternde oder schwach windende Pflanzen, meistens mit langen Internodien, nur bei *Trematosperma cordatum* URBAN tritt das Klettern und Winden der Zweige zurück. Für solche Pflanzen kann einerseits die einfache Perforierung der weiten Gefässe, welche diesen drei Gruppen zukommen, andererseits die Einschränkung der Entwicklung des Hadroms an den Zwischenblattseiten und des Leptomes an den Blattseiten nur von Vortheil sein; die Wasserbewegung und die Bewegung der assimilirten

Stoffe wird durch diese Organisation beschleunigt, namentlich wird durch die localisirte Entwicklung des Hadroms und des Leptoms eine zu starke Verbreitung der geleiteten Stoffe in seitlicher Richtung eingeschränkt. Der Umstand, dass bei dem nur in geringem Grade windenden *Trematosperma cordatum* die Vertheilung der Leptom-Hadromstränge und des saftreichen gefässführenden Hadroms später eine annähernd gleichmässige in der ganzen Peripherie der Stengel ist, scheint noch besonders dafür zu sprechen, dass die Einschränkung der Leitungsbahnen bei den kletternden *Phytocreneae* eine spezifische Einrichtung für Kletterpflanzen ist. Es scheint einleuchtend, dass bei *Trematosperma cordatum*, welches in geringer Höhe über der mächtigen Stammknolle schon reichlich Äste entwickelt, eine allseitige Entwicklung der Leitungsbahnen mehr von Vortheil ist, zumal einerseits das mächtige knollige Wasserreservoir in den langen Zeiten der Trockenheit, welche im Somaliland¹ herrschen, die Zweige mit Wasser zu versorgen hat, andererseits bei dem mächtigen Durchmesser der Knolle eine allseitige Zuführung von assimilirten Stoffen nothwendig ist. Die bei *Trematosperma cordatum* URBAN ebenfalls vorhandenen weiten Gefässe können als ein Erbtheil angesehen werden, welches *Trematosperma* von seinen Vorfahren empfangen hat, welche wie die übrigen jetzt lebenden *Phytocreneae* wahrscheinlich auch Hydromegathermen waren, d. h. in einem warmen und regenreichen Klima gediehen. So würden also die bei *Trematosperma cordatum* auftretenden Ausnahmen eher dafür, als dagegen sprechen, dass die Localisirung der Leitungsbahnen in der bei den anderen *Phytocreneae* auftretenden Weise eine spezifische Anpassungserscheinung bei Kletterpflanzen ist.

Dass eine derartige Organisation für die Kletterpflanzen von Vortheil ist, geht auch daraus hervor, dass sie bei Kletterpflanzen der verschiedensten Familien, wenn auch nicht immer in derselben Combination, wiederkehrt. Gewiss ist aber auch, wie SCHENCK (Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen II 26) ausführt, die Zertheilung des Holzkörpers von Vortheil für die Biegungsfähigkeit und Torsionsfähigkeit der Stämme. Die einfache Perforation der Gefässe herrscht entschieden bei den Kletterpflanzen vor (*Aristolochiaceae*, *Nepenthaceae*, *Malpighiaceae*, *Polygalaceae*, *Connaraceae*, *Combretaceae*, *Apocynaceae*, *Asclepiadaceae*, *Convolvulaceae*, *Bignoniaceae*, *Cucurbitaceae* etc.), wenn auch in einzelnen Familien mit Kletterpflanzen, z. B. den *Vitaceae* und *Caprifoliaceae* leiterförmige Perforation der Gefässe die Regel ist und um-

¹ Das nördliche Somaliland hat zwei Regenzeiten, eine grosse von April bis Juli oder August, in welcher starke Regengüsse fallen und eine kleine von October bis December. Von Januar bis Ende März ist im Hochland, woselbst *Trematosperma cordatum* URB. vorkommt, Trockenzeit (HANN, Handbuch der Klimatologie, S. 265).

gekehrt recht viele nicht kletternde Pflanzen ebenfalls einfache Perforirung der Gefässe besitzen.¹ Einschränkung des Leptoms oder bevorzugte Entwicklung desselben an einzelnen Stellen des Stengelumfangs ist ebenfalls bei Kletterpflanzen mehrfach zu finden, jedoch keineswegs so allgemein wie die einfache Perforirung der weiten Gefässe. Die Entwicklung von in das Hadrom einspringenden oder mit demselben abwechselnden Leptomsträngen findet sich bekanntlich häufig bei den *Bignoniaceae*, bei mehreren *Malpighiaceae*, bei einzelnen *Apocynaceae* (*Condylocarpon* und *Echites*), einzelnen *Asclepiadaceae* (*Gymnema sylvestre*), einzelnen *Celastrus* und einer *Tournefortia* (vergl. DE BARY, Vergl. Anatomie, S. 593); merkwürdigerweise ist aber bei den kletternden *Bignoniaceae* das Hadrom an den Blattseiten,² das Leptom an den Zwischenblattseiten der Internodien entwickelt, also gerade umgekehrt, als bei den oben besprochenen *Icacinaceae*. Auch die Entwicklung von interxylärem Leptom, welche wir bei mehreren der kletternden *Icacinaceae* fanden, wird ebenfalls bei Kletterpflanzen angetroffen, bei *Malpighiaceae* (*Dicella*), *Combretaceae* (*Thiloa*, *Calycopteris*) und namentlich bei *Loganiaceae*; aber die Zahl der nicht kletternden theils denselben Familien, theils anderen angehörenden Pflanzen mit interxylärem Leptom ist ebenso gross, wie die Zahl der Kletterpflanzen (vergl. SOLEREDER a. a. O. S. 32).

Es erweisen sich also bei näherer Betrachtung die anatomischen Eigenschaften, welche den kletternden und windenden *Icacinaceae* ebenso wie einer Anzahl anderer Kletterpflanzen zukommen, durchaus nicht als constantes Merkmal der Kletterpflanzen, wie man nach ihrer physiologischen Bedeutung für dieselben zunächst erwarten könnte. Es wurden auf meine Veranlassung von Hrn. Dr. GILG eine grosse Anzahl von Kletterpflanzen und windenden Pflanzen des botanischen Gartens untersucht; aber die Förderung des Hadroms auf der Zwischenblattseite wurde nur noch beobachtet bei der Asclepiadee *Arauja albens* G. DON., bei der Piperaceae *Piper Futokadsura* SIEBOLD. Auch ist zu beachten, dass der windende Stengel von *Phytocrene* eine wesentlich andere Vertheilung der Hadrommassen und der gemischten Stränge zeigt, als der ebenfalls windende Stengel von *Chlamydocarya* und *Pyrenacantha*, dass aber andererseits die vier Gattungen *Phytocrene*, *Chlamydocarya*, *Pyrenacantha* und *Miquelia*, die, so viel ich weiss, bei keiner anderen Familie wiederkehrende eigenartige Mischung von Leptom-

¹ SOLEREDER, Über den systematischen Werth der Holzstructur bei den Dicotyledonen, S. 19.

² BUREAU sagt in seiner Monographie des Bignoniacées, p. 132: Les quatre premières portions saillantes du bois répondent toujours aux quatre lignes verticales suivant lesquelles se fait l'insertion des feuilles.

und Hadromelementen zeigen. Bei *Trematosperma* ist zwar die Mischung der Leptom- und Hadromelemente etwas anders, als bei den übrigen *Phytocreneae*; aber auch hier erzeugt dasselbe Cambium nach aussen abwechselnd Tracheiden und Siebröhren.

Da die anatomischen Merkmale der Icacinaceen-Gruppen *Jodeae*, *Sacrostigmateae*, *Phytocreneae* nicht ausschliesslich bei Kletterpflanzen beobachtet werden, also nicht bloss auf die Lebensweise dieser Pflanzen zurückzuführen sind, so gewinnen sie eine grössere Bedeutung für die Systematik, namentlich dann, wenn auch andere Merkmale zugleich mit ihnen für eine Gruppe sich constant erweisen. Das ist nun bei den *Icacinaceae* der Fall; wir können die oben gegebene Charakteristik für die vier besprochenen Gruppen der *Icacinaceae* bestehen lassen und brauchen jetzt nur noch Folgendes hinzuzufügen:

1. *Icacineae*. Gefässe mit leiterförmiger Perforation der steilen Querwände.

2. *Jodeae*. Gefässe kurzgliederig, mit einfacher Perforation. Hadrom auf den Zwischenblattseiten vorzugsweise entwickelt. — *Jodes*, *Polyporandra*, *Natsiatum*.

3. *Sarcostigmateae*. Gefässe kurzgliederig, mit einfacher Perforation. Hadrom ringsum gleichmässig entwickelt. Interxyläres Leptom. — *Sarcostigma*.

4. *Phytocreneae*. Gefässe kurzgliederig, mit einfacher Perforation. Saftreiches Hadrom, ausschliesslich oder vorzugsweise auf den Zwischenblattseiten entwickelt. Gemischte Leptom-Hadromstränge an den Blattseiten, selten ringsum (*Trematosperma*).

Durch diese anatomischen Merkmale sind nun die Gruppen der *Icacinaceae*, welche nur geringe Unterschiede in Blüthe und Frucht darboten, noch erheblich schärfer charakterisirt.

Es bleiben nur noch die beiden Gattungen *Lophopyxis* Hook. f. und *Cardiopteryx* WALL. übrig, deren Blütenbau gestattet, sie mit den Icacinaceen in Verbindung zu bringen, die aber in anatomischer Beziehung von allen bisher besprochenen wiederum abweichen. *Lophopyxis pentaptera* (K. SCHUM.) ENGL. von Neu-Guinea klettert wie die beiden anderen zu dieser Gattung gehörigen Arten mit den in Ranken umgebildeten unteren Ästen der Blütenstände. Der Querschnitt durch die jungen Äste ist deutlich 5lappig und zeigt unter der mit einzelligen spitzen Haaren versehenen Epidermis ein ringsum gleichmässig entwickeltes parenchymatisches Hypoderm, darunter einen continuirlichen Bastmantel, dann aber unter dem Cambium ringsum durch breite Markstrahlen getrennte Hadrombündel mit je 2–5 Gefässreihen (Taf. II Fig. 6. 7). Auffallend ist nur, dass die vor den Einbuchtungen und die an den Seiten der Lappen liegenden Gefässbündel nach innen

von einer mehrschichtigen, im Querschnitt meist halbmondförmigen Bastlage umgeben sind. Dagegen fehlt eine solche Bastlage vor den am weitesten nach aussen vorspringenden Bündeln. An älteren Zweigen besitzt der ganze Querschnitt zwar eine nahezu kreisförmige Peripherie mit fünf sehr schwachen hervortretenden Lappen; aber der Querschnitt des Markes hat die Gestalt eines Pentagons. Die äussere Bastschicht entspricht der Peripherie. Die Hadrombündel sind nun durch Librifasern verstärkt; jedoch enthalten die vor den seichten Lappen befindlichen Bündel, hier auch wieder die unterhalb der Blattinsertionen liegenden, viel weniger Gefässe, als die übrigen und ebenso finden wir auch jetzt im vorgeschrittenen Stadium vor diesen Bündeln keine Bastlagen. Die Librifasern liegen in geraden Reihen, je 2–5 von einander durch meist einschichtige Markstrahlen getrennt. Die Gefässe sind wie bei den oben besprochenen Icacinaceen mit gehöften Spaltentüpfeln versehen; ihre schräg, aber nicht sehr steil aufsteigenden Querwände sind einfach perforirt. Die Librifasern zeigen sehr enge Spaltentüpfel und entsprechen den gehöften Tracheiden bei den anderen Gruppen. Diese anatomischen Merkmale im Verein mit dem 5 fächerigen Gynaecium berechtigen jedenfalls dazu, die Gattung *Lophopyxis* als Vertreter einer selbständigen Unterfamilie anzusehen.

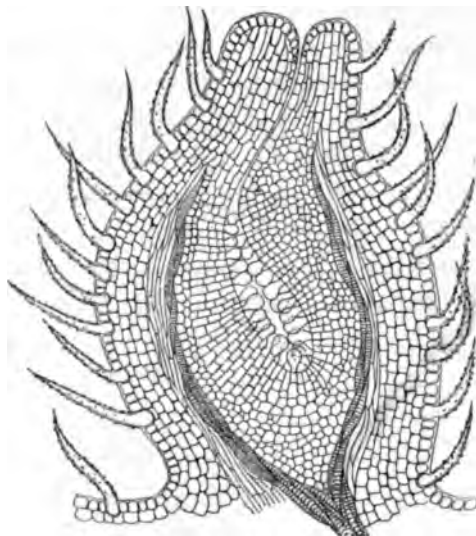
Cardiopteryx lobata WALL., welche als windende krautige Pflanze mit gelappten Blättern von den bisher besprochenen Icacinaceen schon habituell sehr abweicht, schliesst sich in ihrem anatomischen Verhalten auch nur theilweise an dieselben an. Auf die Epidermis folgte ein aus drei Collenchymschichten bestehendes Hypoderm, dann nur wenige Schichten parenchymatisches chlorophyllführendes Gewebe und eine einfache hier und da unterbrochene Bastschicht, selten mehr als eine Lage stark. Das Hadrom besteht aus zehn primären Gefässbündeln, von denen zwei einander gegenüber und an den nicht blatttragenden Seiten des Internodiums liegende etwas breiter sind, als die anderen, alle in der Mitte mit einer Reihe engerer Spiralgefässe und zu beiden Seiten mit weiteren getüpfelten Gefässen (Taf. II Fig. 8). Zwischen den Bündeln und ausserhalb derselben ist das Hadrom aus Tracheiden gebildet. Hinter den beiden breiteren Bündeln aber folgt auf die Tracheiden noch eine breite Hadromleiste mit etwa zehn Gefässen, deren Lumen noch einmal so gross ist, als dasjenige der zuerst gebildeten Gefässe; sie sind mit gehöften Spaltentüpfeln versehen, sehr kurzgliederig, so dass die Länge der Glieder oft kaum dem Durchmesser gleichkommt, und sind einfach perforirt (Fig. 9); es zeigen also diese Gefässe grosse Übereinstimmung mit denjenigen der *Phytocreneae*. Diesen beiden Hadromleisten entsprechen äusserlich zwei

leistenförmige Wülste, welche im Internodium zwischen den Blättern verlaufen, einige Millimeter unterhalb des nächsten Blattes aber gegen dieses hinbiegen. Endlich ist *Cardiopteryx* noch vor allen anderen Gattungen der *Icacinaceae* durch, wie es scheint, ungegliederte Milchsaftschläuche ausgezeichnet, welche sich in der Peripherie des sehr dünnwandigen und grosszelligen Markes vor den primären Gefässbündeln zerstreut finden.¹

Die Gattung *Cardiopteryx* stimmt also hinsichtlich ihrer Gefässe und der Beschränkung des secundären Hadroms auf die Zwischenblattseiten mit den *Jodeae* und *Phytocreneae* überein, weicht aber durch ihre Milchsaftschläuche von allen *Icacinaceae* ab. Da nun auch ihre Blüthen und Früchte erheblich anders beschaffen sind, als bei den anderen Gruppen der *Icacinaceae*, so kann *Cardiopteryx* höchstens als Vertreter einer eigenen Unterfamilie bei den *Icacinaceae* Platz finden.

Schliesslich will ich noch anhangsweise auf eine Eigenthümlichkeit von *Trematosperma cordatum* URBAN und der Arten von *Pyrenacantha* hinweisen.

Fig. 8.



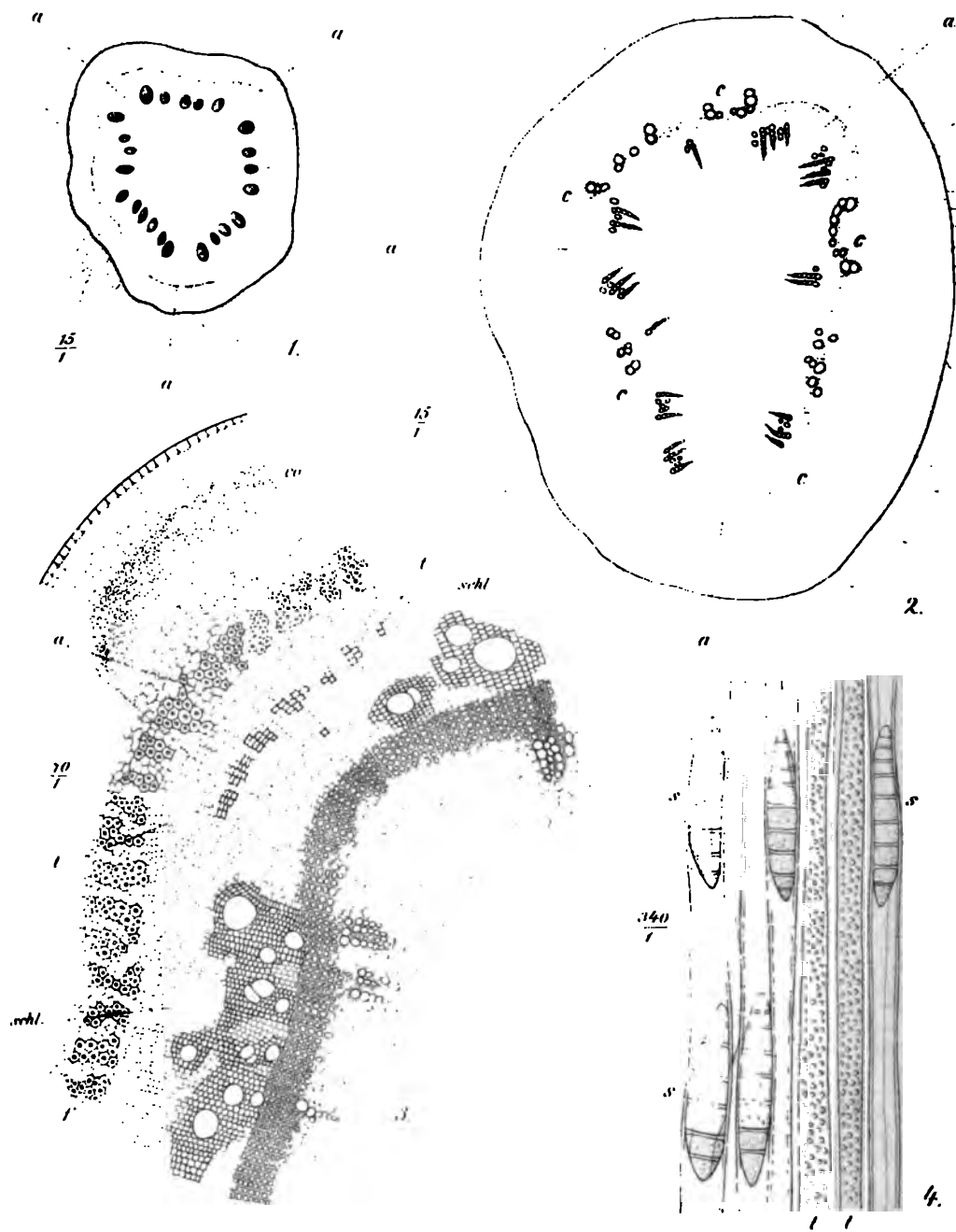
Trematosperma cordatum URBAN. Wasserausscheidende Drüse am Ende eines Blattnerven im Längsschnitt ($\frac{20}{1}$).

von *Trematosperma cordatum* URBAN und der Arten von *Pyrenacantha* hinweisen. Schon der erste Beschreiber dieser Pflanze, Prof. URBAN,² hatte erwähnt, dass am Ende der Hauptnerven der Blätter sich kleine eiförmige Körper befinden, welche sparsam Wasser ausscheiden. Die anatomische Untersuchung von Blättern der im hiesigen botanischen Garten cultivirten Pflanzen ergab, dass diese eiförmigen Körper an der Peripherie von Tracheidenbündeln durchzogen sind, welche an die Leitbündel der Spreite ansetzen (Fig. 8). Von diesen Bündeln

¹ Dieselben wurden kürzlich beschrieben von TROUVENIN: Sur la présence de laticifères dans une Olacacée, le *Cardiopteryx lobata*; Bulletin de la société botanique de France XXXVIII (1891) p. 129.

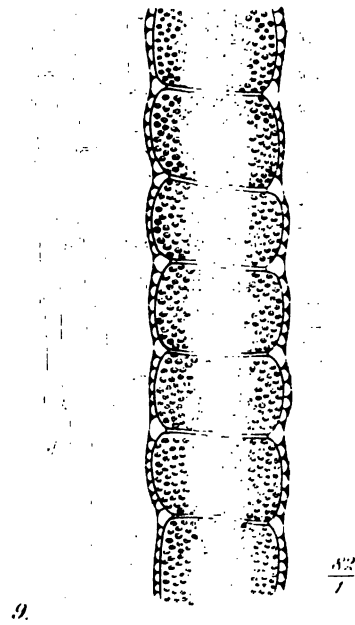
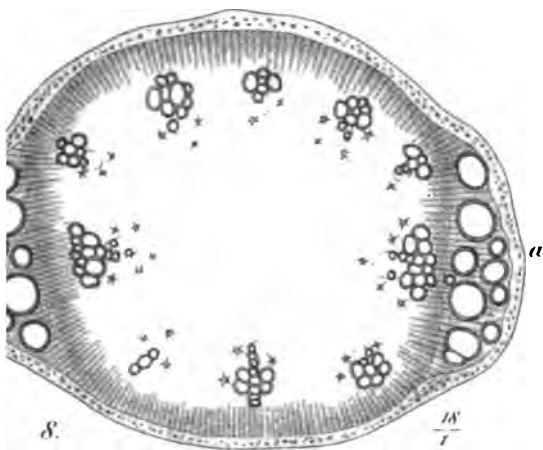
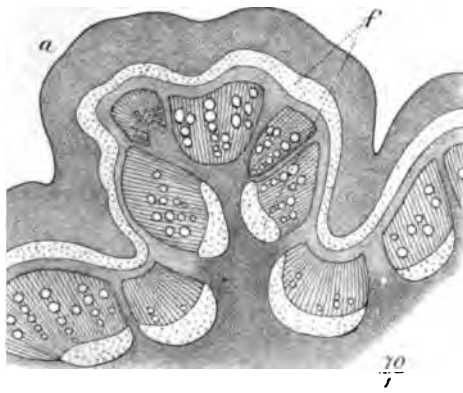
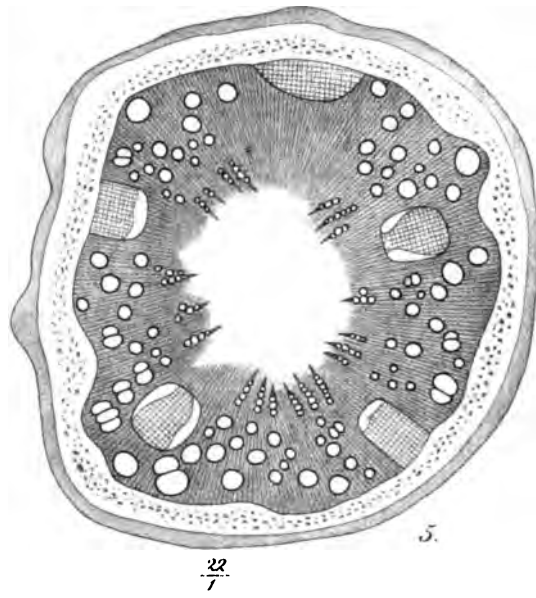
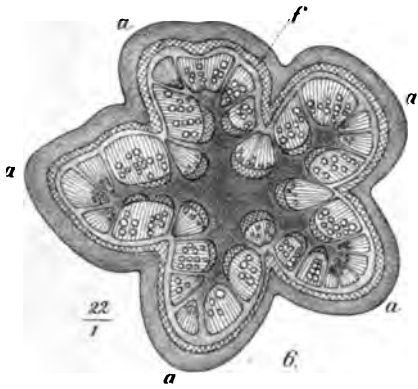
² URBAN, Über die Gattung *Trematosperma* in EICHLER: Jahrbuch des Kön. bot. Gartens und des botan. Museums zu Berlin, III. 244.

aus verlaufen in radialer Richtung nach innen parenchymatische dünnwandige Zellenzüge (Fig. 8), und diese führen zu einer dünnwandigen aus eng aneinander schliessenden fast isodiametrischen Zellen bestehenden Schicht, welche kurz keulenförmige sehr dünnwandige Haare trägt, die den spaltenförmigen nach aussen eng mündenden Innenraum der Drüse ausfüllen. Offenbar dienen diese Drüsen zeitweise zur Abgabe überschüssigen Wassers, während anderseits die starke Verschleimung in den Markstrahlen der Stengel und in einzelnen Partien der Knolle zur Speicherung von Wasser beiträgt. Diese Wasser secernirenden Drüsen finden sich übrigens nicht bloss bei *Trematosperma*, sondern sie kommen auch an den Blättern von *Pyrenacantha* vor, welche Gattung in ihrem Blütenbau sehr mit *Trematosperma* übereinstimmt, im anatomischen Bau des Stengels aber den Gattungen *Chlanydocarya* und *Miquelia* gleicht. Während aber bei *Trematosperma cordatum* die Drüsen 2^{mm} lang und fast 1^{mm}.5 dick werden, sind sie bei *Pyrenacantha scandens* HARV. von Natal und *P. volubilis* Hook. f. von Ceylon kaum 1/2^{mm} lang. Es dürfte dies damit zusammenhängen, dass bei diesen in Wäldern vorkommenden Arten die Entwicklung der Zweige und Blätter so rasch fortschreitet, dass nicht so leicht ein Überfluss von Wasser eintritt, wie bei *Trematosperma*, die in dem sehr baumarmen Ahlgebirge vorkommt, und zur Zeit der im Mai eintretenden Monsunregen mehr Wasser aufnimmt, als sie später verbrauchen kann. Auch eine neue *Pyrenacantha* von Wasserplätzen bei Ndara (Teita) in Englisch Ostafrika, die wie *Trematosperma* einen runden fleischigen Stamm besitzt, *P. malvaefolia* ENGL., hat am Ende der Blattnerve grössere 1–1^{mm}.5 lange Wasser secernirende Drüsen, woraus also hervorgehen dürfte, dass auch bei dieser Pflanze trotz der längere Zeit herrschenden Trockenheit zeitweise ein Überfluss von Wasser in den Leitungsbahnen eintreten kann.



des. von D^r E. Gilg

Engler Ueber die Verwerthung anatomischer Merkl



C. L. Witt.

Der systematischen Gliederung der Icacinaceae

Erklärung der Figuren auf Tafel II.

Fig. 1—4. *Trematosperma cordatum* URBAN.

Fig. 1. Querschnitt durch einen jungen 2^{mm}5 dicken Zweig mit den ersten Gefässanlagen, *a* die Blattseiten des Stengels ($\frac{15}{1}$).

Fig. 2. Querschnitt durch einen älteren 6^{mm} dicken Zweig; an die primären Gefässe der Zwischenblattseiten das Ringholz anschliessend, welches von dem saftreichen Hadrom umgeben ist; an den Zwischenblattseiten die grossen Gefässe; *cccc* die cambiale Zone.

Fig. 3. Querschnitt durch ein Stück eines 6^{mm} dicken Zweiges, primäre Gefässe, Ringholz und das saftreiche Hadrom, sowie den Bast (*f*) und das Collenchym (*co*) zeigend, ausserdem die hier beginnende Entwicklung der äusseren Tracheiden (*t*); *schl* verschleimende Parteeen des Hadroms ($\frac{70}{1}$).

Fig. 4. Radialer Längsschnitt durch einen gemischten Leptom-Hadromstrang, bei *s* die Siebplatten, bei *t* die Tracheiden ($\frac{340}{1}$).

Fig. 5. *Chlamydocarya Thomsoniana* BAILL. Querschnitt durch einen 3^{mm} dicken Zweig mit fünf gemischten Leptom-Hadromsträngen an den Blattseiten ($\frac{22}{1}$).

Fig. 6. 7. *Lophopyxis pentaptera* (K. SCHUM.) ENGL.

Fig. 6. Querschnitt durch einen jungen Zweig ($\frac{22}{1}$).

Fig. 7. Querschnitt durch einen Theil desselben, stärker vergrössert, *a* die Blattseiten, *f* Bastschichten.

Fig. 8. 9. *Cardiopteryx lobata* WALL.

Fig. 8. Querschnitt durch den Stengel ($\frac{18}{1}$).

Fig. 9. Längsschnitt durch ein Gefäss und das angrenzende Parenchym ($\frac{82}{1}$).

Die Zeichnungen wurden von meinem Assistenten, Hrn. Dr. GILG, nach den von ihm gefertigten Schnitten ausgeführt.

14. Einige Grundgesetze des Energie-Umsatzes im thätigen Muskel.

Von Prof. JOHANNES GAD
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. E. DU BOIS-REYMOND am 20. April; — gedruckt im Bericht vom gleichen Tage [St. XXI]; — ausgegeben am 27. April).

In der Form chemischer Spannkraft ist diejenige Energiemenge im Muskelfaserinhalt aufgespeichert, durch welche der überlebende Muskel zur Leistung erheblicher Wirkungen nach aussen befähigt ist. Je nach den speciellen Bedingungen, unter denen man die Wirkung nach aussen stattfinden lässt, kann Energie in verschiedenen Formen gewonnen werden: als kinetische Energie bewegter Massen oder Verrückung von Masse entgegen der Schwere, oder als mechanische Spannkraft. Mögen diese Formen gemischt oder annähernd rein, getrennt von einander auftreten, stets erscheint neben ihnen Wärme und stets ist die Summe der als Wärme und der in anderer Form hervortretenden Energie aequivalent der im Muskel verbrauchten chemischen Spannkraft. Die äusserlich hervortretenden elektrischen Änderungen, welche DU BOIS-REYMOND bei der Muskelthätigkeit genau zu beobachten gelehrt hat, sind für das Studium der Muskelprocesse von fundamentaler Wichtigkeit; die denselben entsprechenden Energiemengen fallen aber quantitativ nicht stark in das Gewicht. Während über die anfängliche und die endlichen Formen bei dem Energieumsatz im thätigen Muskel sowie über ihre Aequivalenz Klarheit herrscht, liegen die Zwischenstufen der Energieformen und liegen die speciellen chemischen und physikalischen Processe, an welche die Übergänge geknüpft sind, noch in argem Dunkel. Es sind zwar mancherlei Hypothesen hierüber geäussert worden, doch leiden sie alle an verfrühten und einseitigen Specialisirungen.

Dasselbe wie von den Energieformen gilt von den an den Muskelprocessen beteiligten chemischen Substanzen. Als Endproducte kennen wir Kohlensäure und Wasser. Dieselben entstammen Atomcomplexen, welche an Kohlenstoff und Wasserstoff reich sind (Glykogen, vielleicht auch Fett) und welche ebenso, wie die in die

Verbrennung eingehenden Sauerstoffatome constituirende Bestandtheile lebender und die Verbrennung überlebender eiweissartig gebauter Muskelmolecüle darstellen. Specielle Angaben über die Kette der Zwischenstufen sind verfrüht. Zu diesen Zwischenstufen auf dem Wege zur vollständigen Verbrennung gehören wahrscheinlich diejenigen Substanzen, welche nach den bekannten Entdeckungen von VON HELMHOLTZ und DU BOIS-REYMOND den alkoholischen Auszug vermehren und die Säuerung bedingen.

Allgemeine Behauptungen, welche nach dem Vorangestellten selbstverständlich sind und von denen wir bei der weiteren Untersuchung ausgehen müssen sind folgende: Wenn chemische Spannkraft den Wirkungen des Muskels nach aussen zu Gute kommen sollen, so bedarf es zunächst — als ersten Erfolges der Reizung und als erten Theiles des Erregungsvorganges — chemischer Prozesse, als deren Producte neue chemische Substanzen auftreten, und Energie in neuen Formen erscheint. Unter den Energieformen muss eine solche sein, welche mit Steigerung der Längsattraction (oder der Querabstossung) zwischen den Elementen der eigentlichen Muskelsubstanz verbunden ist. Verhindert man den Muskel bei seiner Erregung ganz an der Verkürzung, so tritt diese vermehrte Längsattraction vollkommen als mechanische Spannkraft, welche dynamometrisch gemessen werden kann, in die Erscheinung; der Muskel verhält sich dann bei fast unveränderter Länge, wie ein aus seiner Gleichgewichtsfigur stark längs gedehnter elastischer Strang. Die Kraft, welcher die Spannung eines solchen Körpers das Gleichgewicht halten kann, nimmt ab (proportional oder nach verwickelterem Gesetz) mit seiner gestatteten Annäherung an die Gleichgewichtsfigur; und dies ist der Sinn des SCHWANN'schen Versuches, nach welchem ein Muskel bei wiederholt gleicher Erregung ein um so geringeres Gewicht von einer Unterlage abzuheben vermag, je mehr er sich — bis zu seinem Angreifen an dem Gewicht — zusammenziehen darf.

Lässt man einen Muskel bei seiner Erregung sich frei, ohne angehängtes Gewicht und ohne widerstehende Federkraft zusammenziehen, so führt die vermehrte Längsattraction, in dem Maasse, wie sie mit dem Ablaufe der chemischen Prozesse sich bildet, zur Formänderung und verschwindet dementsprechend sofort wieder.

Dieses Verschwinden ist vollkommen in Bezug auf die Wirkung nach Aussen, wenn auch im Innern eine gewisse Längsspannung bestehen bleibt, eine so grosse nämlich als erforderlich ist, um den der Querdehnung widerstrebenden elastischen Kräften das Gleichgewicht zu halten. Solche Querelasticität kommt den adventitiellen Muskelsubstanzen zu, in erster Linie dem Sarkolemm; wir dürfen aber

annehmen, dass sie erst bei den stärkeren Contractionsgraden erhebliche, dann aber auch mit der Contraction schnell wachsende Werthe annimmt.

Lässt man den Muskel bei seiner Erregung ein Gewicht frei heben, so ist zu beachten, dass die Längsattraction sich ändert mit der Verkürzung einerseits und mit dem Ablauf der chemischen Prozesse andererseits. Die jeweilige Muskellänge ist also eine Function der durch die chemischen Prozesse veränderten Längsattraction, der Geschwindigkeit, mit der diese Veränderung vor sich geht, ferner der Trägheit und des Gewichtes der bewegten Masse und schliesslich der Grösse der Querelasticität. So gross ist also die thatsächliche Verwickelung bei dem ursprünglichen und scheinbar einfachsten Versuch, aus dem zeitlichen Verlaufe der Längenänderung des gereizten Muskels Aufschluss über die Natur des Erregungsprocesses zu erhalten.

Etwas übersichtlicher gestalten sich die Verhältnisse, wenn man bei der Hebung des Gewichtes die Schleuderung auf ein Minimum beschränkt; dann ist die jeweilige Muskellänge nur bestimmt durch die veränderte Längsattraction, die Grösse des Gewichtes und die Querelasticität. Die äusserlich an dem Muskel angreifende dehnende Kraft bleibt in diesem Falle bei jeder Grösse und Geschwindigkeit der Längenänderung dieselbe. Jedoch entsprechen dieser gleichbleibenden Spannung verschiedene Muskellängen, in dem Maasse, wie die Längsattraction sich ändert kraft des Ablaufs der chemischen Prozesse. Sieht man von der durch Querdehnung bedingten Veränderung der inneren Spannung ab, was bis zu gewissem Grade gestattet ist, so erfährt man durch ein nach diesem Princip geleitetes myographisches Verfahren den zeitlichen Verlauf der Längenänderung des Muskels bei constanter Spannung. Solche »isotonischen« Myogramme bilden das Gegenstück zu den »isometrischen«, die das zuerst genannte dynamometrische Verfahren liefert, und welche den zeitlichen Verlauf der Spannungsänderung bei fast vollkommen verhinderter Verkürzung darstellen.

Das isometrische Myogramm giebt Aufschluss über diejenige mechanische Zustandsänderung des Muskels, welche von allen dem Experiment zugänglichen mechanischen Zustandsänderungen zweifellos die nächste und einfachste Beziehung zu den chemischen Processen hat. Dass wir trotzdem nicht gemeingiltige Schlüsse aus Untersuchungen bei ausschliesslich isometrischem Verfahren ziehen können, liegt daran, dass der Verlauf der chemischen Prozesse nicht unabhängig von den mechanischen Bedingungen ist, unter denen man den Muskel nach Aussen wirken lässt. Es geht dies aus der funda-

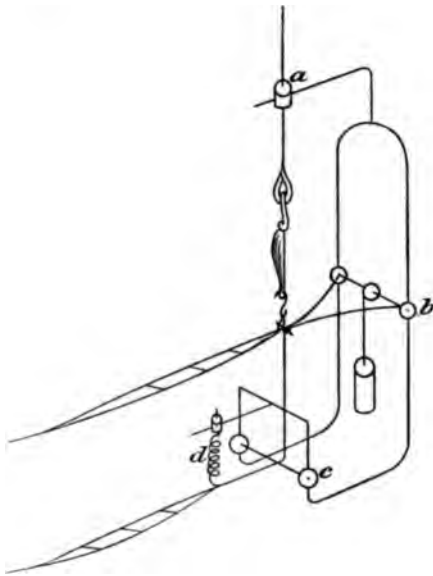
mentalen Entdeckung HEIDENHAUN's hervor, nach welcher Stoffumsatz und Wärmeentwicklung im Muskel wächst mit dem Widerstande, welcher sich der Zusammenziehung entgegenstellt, eine Einsicht, welche durch STEINER noch insofern erweitert wurde, als er zeigte, dass die Grösse des Energie-Umsatzes auch dann noch durch äussere Bedingungen gesteigert werden kann, wenn ihnen der Muskel erst im Stadium der sinkenden Energie unterworfen wird.

Bei dem isometrischen Verfahren sind die der Zusammenziehung bereiteten Widerstände maximale, während sie bei Isotonie leicht minimal gehalten werden können; deshalb müssen die isotonischen Curven, wenn sie auch weniger directe Schlüsse auf die Änderungen der Längsattraction gestatten als die isometrischen, den letzteren ergänzend zur Seite gestellt werden. Es versteht sich von selbst, dass man umgekehrt Versuche nach isotonischem Verfahren, welchen man der leichteren Ausführbarkeit wegen behufs erster Annäherung oft den Vorzug zu geben geneigt ist, stets durch entsprechende isometrisch angestellte Versuche controliren muss. Die letztere Vorsichtsmaassregel ist im Princip übrigens schon so alt, wie die Myographie überhaupt, denn HELMHOLTZ ergänzte seine Myogramme, aus denen der zeitliche Verlauf der Längenänderung des gereizten Muskels in erster Annäherung hervorging, durch die nach POUILLET's von ihm vervollkommneter Methode ausgeführte Messung der Zeiten, welche vom Reizmoment an gerechnet vergingen, bis der schwach belastete Muskel Überlastungen verschiedenen Gewichtes von der Unterlage abliob, und er gewann auf diese Weise in einer Reihe aufeinanderfolgender Versuche die Daten zur Construction der Curve des zeitlichen Verlaufes der isometrischen Spannungsentwicklung für das Stadium der wachsenden Energie.

Auf eine Anregung MAREY's ist die jetzt gebräuchliche Art zurückzuführen, den zeitlichen Verlauf der isometrischen Spannungsänderung in einem einzigen Curvenzuge und für die ganze Zuckungsdauer zu gewinnen, und FICK hat die hierfür zweckmässigste Methode ausgebildet. Der Letztere hat ferner gelehrt, die Schleuderung des den Muskel belastenden Gewichtes durch einen einfachen Kunstgriff auf ein Minimum zu beschränken und so den zeitlichen Verlauf von recht rein isotonischen Längenänderungen zu gewinnen; sein Hauptverdienst ist aber, die von ihm ausgebildete isotonische und isometrische Methodik auch zuerst nutzbringend angewandt zu haben.

Ich selbst habe mir in zielbewusster Weise die systematische Anwendung des vergleichend isometrich-isotonischen Verfahrens zur Aufgabe gestellt und ich verdanke dieser Anwendung schon einige allgemeingiltige Aufschlüsse über den Energie-Umsatz im thätigen

Fig. 1.



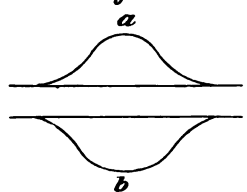
Muskel. Ehe ich dazu übergehe, diejenigen derselben, welche von erheblicher Tragweite sind, hier mitzuthemen, habe ich von der Art Rechenschaft zu geben, wie ich das Verfahren anwende. Es geschieht dies mit Hilfe eines Muskelstativs, welches ich unter Berücksichtigung der Angaben Fick's construirt habe, und dessen wesentliche Einrichtungen in beistehender Fig. 1 schematisch dargestellt sind. Ein starker in allen seinen Theilen unbiegsamer schmiedeeiserner Bügel hat einen oberen horizontalen und einen gespaltenen verticalen Arm. Die Schenkel des letzteren sind unten nach vorn horizontal und dann am

Ende nochmals vertical aufwärts gebogen. In dem oberen horizontalen Arm ist bei *a*, mikrometrisch auf- und abwärts verschiebbar, die Muskelklemme angebracht. Die Schenkel des verticalen Armes tragen bei *b* ein genau gearbeitetes starkes Schraubenpaar als Lager für die Achse des isotonischen Hebels. Mit der Mitte der vierkantigen Stahlachse ist ein Wirtel von 2^{mm}.5 Durchmesser concentrisch und fest verbunden, über welchen der Faden mit dem zur Belastung des Muskels dienenden Gewichte läuft. Der Muskel greift mittelst fester und elektrisch isolirender Haken 5^{cm} von der Drehaxe am isotonischen Hebel an, welcher bis dahin aus zwei auf der hohen Kante stehenden Aluminiumstreifen gebildet ist. Die zum Aufzeichnen der Muskelverkürzung in vergrößertem Maassstabe dienende Verlängerung des Hebels ist sehr leicht, aber genügend steif aus Schilfrohr hergestellt. Aus dem Verhältniss der Länge des Hebelarmes der Last 2^{mm}.5 zur Länge des Hebelarmes der Kraft (5^{cm}) folgt, dass wenn man den Muskel mit 10^g spannen will, 200^g an dem über den Wirtel laufenden Faden befestigt werden müssen. Dieser 50fachen Masse wird nur 1/50 der Geschwindigkeit ertheilt, welche 10^g, direct am Muskel angehängt, erfahren würden. Da die Schleuderung proportional der ersten Potenz der Masse und proportional der zweiten Potenz der Geschwindigkeit wächst, so ist in diesem Beispiele die Schleuderung durch den Fick'schen Kunstgriff auf 1/50 reducirt.

In analoger Weise wie die isotonische Axe zwischen den Armen des absteigenden Bügelarmes bei *b*, ist die isometrische zwischen den

Schenkeln des vorn wiederaufsteigenden Bügels bei c angebracht, erheblich tiefer und so weit davor, dass die 5^{cm} vor der isotonischen Drehaxe befindliche Verticale durch den Angriffspunkt des Muskels an dem isotonischen Hebel, 2^{mm} hinter der isometrischen Drehaxe herabsteigt. Der isometrische Hebel, welcher nach hinten entsprechend wenig die zugehörige Axe überragt, bietet hier einem passenden möglichst un-
 ausdehnbaren Zwischenstück den Angriffspunkt für die Kraftübertragung. Ist dieses Zwischenstück zwischen isotonischem und isometrischem Hebel entfernt, so greift der Muskel nur an ersterem an und zeichnet isotonische Curven; im anderen Falle bewegt er beide Hebel aber in einem durch die Dynamometerfeder d stark beschränkten Maasse. Der isometrische Hebel zeichnet diese Bewegung in einem viel grösseren Maassstabe auf, als der isotonische; der Spannungswerth der Ablenkungen der isometrischen Zeichenspitze wird empirisch bestimmt, nachdem die isometrische Feder von solcher Stärke gewählt ist, dass die maximale isotonische Ordinate bei gleichzeitigem Schreiben mit dem isotonischen und isometrischen Hebel nur einen kleinen Bruchtheil der entsprechenden Ordinate bei alleinigem Angriff des Muskels am isotonischen Hebel beträgt. Ist dieser Bruch $\frac{1}{10}$, so ist die, natürlich nie vollkommen herzustellende, Isometrie für die erste Annäherung ausreichend. Das für die Justirung und Controle des Apparates nützliche Schreiben mit beiden Hebeln unterbleibt natürlich bei den eigentlichen Muskelversuchen; bei diesen wird entweder nur mit dem isotonischen oder nur mit dem isometrischen Hebel geschrieben, zu welchem Zwecke jede Zeichenspitze einzeln leicht von der Zeichenfläche entfernt werden kann.

Fig. 2.



a. isotonische, b. isometrische
 Curve bei gleicher Reizstärke
 und 5° C.

Den typischen Unterschied in der Form einer isotonischen und einer isometrischen Zuckung veranschaulichen die Curven der Fig. 2. Schon Fick hatte darauf hingewiesen, dass der zeitliche Verlauf der Spannungsentwicklung bei unveränderter Länge ein anderer sei, als der der Verkürzung bei unveränderter Spannung, dass namentlich in ersterem Falle das Maximum der Veränderung früher erreicht werde, als in letzterem. Mit grösserer Schärfe aber, als bei gewöhnlicher Temperatur, tritt der typische Unterschied bei niederen Temperaturgraden auf; die hier gewählten Beispiele entsprechen dem Verhalten bei etwa 5° C. Die Curven, deren Form, wie gesagt, typisch ist, veranschaulichen die Nothwendigkeit der Ergänzung der einen Untersuchungsmethode durch die andere, eine Nothwendigkeit, welche oben von allgemeinen Gesichtspunkten aus entwickelt worden ist. Ein

belangreiches Beispiel von der Nützlichkeit der systematischen Combination bei den Untersuchungsmethoden ist Folgendes.

Als ich den Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz untersuchte und untersuchen liess, stellte sich die merkwürdige Thatsache heraus, dass die Zuckungshöhe ein relatives Minimum bei gewöhnlicher Temperatur hat; von diesem Minimum steigt die Zuckungshöhe in ganz regelmässiger Weise und in breiten Grenzen, mag man nun von etwa 19° C. an die Temperatur steigen oder sinken lassen. Dass die Beziehungen zwischen der Zuckungshöhe und den chemischen Vorgängen im Muskel, auf welche diese ebenso, wie alle Leistungen der Muskelsubstanz zurückzuführen sein werden, recht verwickelte sind, ist zu erwarten, nicht aber, dass die Intensität dieser chemischen Prozesse ebenso wie die Zuckungshöhe bei 19° ein relatives Minimum haben sollte. Wären die Zuckungskurven nur nach der einseitigen, früher allein üblichen Methode gewonnen worden, so hätte sich eine sehr bequeme Erklärungsmöglichkeit dargeboten; man hätte annehmen können, dass die Intensität der chemischen Prozesse in der eigentlichen Muskelsubstanz mit sinkender Temperatur zwar beständig abnähme, dass sich aber auch die die Zuckungshöhe einschränkende Querelasticität adventitieller Substanzen derart verringere, dass unterhalb 19° trotz weitersinkenden Werthes der Längsattraction die Zuckungshöhe wieder zunehmen könne. Diese Erklärungsmöglichkeit wurde aber durch das Resultat der Temperaturversuche, welche nach isometrischem Verfahren an gestellt worden waren, abgeschnitten. Dasselbe relative Minimum bei 19° zeigte sich für die Spannungsentwicklung bei constanter Länge wie für die Verkürzung bei constanter Spannung; die Wiederzunahme der Zuckungshöhe beim Sinken der Temperatur unter 19° beruhte also thatsächlich auf stärkerer Entwicklung der Längsattraction. Wenn man nun nicht zugeben wollte, dass auch die Intensität der chemischen Prozesse unter 19° wieder zunehmen könne, wurde man mit logischer Nothwendigkeit auf Grund sicher constatirter Thatsachen dazu gezwungen, dem Eingangs motivirten ganz allgemeinen Ausspruch über die Beziehung zwischen Entwicklung von Längsattraction und chemischem Muskelprocess die erste berechnigte Specialisirung in Form des Satzes hinzuzufügen, dass auf die Entwicklung der Längsattraction zwei Kategorieen chemischer Prozesse von Einfluss sind, welche sich in dieser Hinsicht antagonistisch verhalten. Die erste Kategorie von Processen, oder um kurz zu sein, der erste Process beeinflusst den Energie-Umsatz im thätigen Muskel derart, dass die resultirenden Energieformen Componenten im Sinne vermehrter Längs-

attraction enthalten; der zweite Process macht diese Componenten verschwinden.

Dem merkwürdigen Verhalten bei sinkender Temperatur kann auf Grund dieser Annahme — und nur auf Grund dieser Annahme — alles Paradoxe genommen werden. Jetzt kann man zugeben, dass sich die Intensität beider chemischen Muskelprocesse mit sinkender Temperatur beständig verringere, obgleich die Summe der zeitweise im Muskel vorhandenen Componenten vermehrter Längsattraction in einem gewissen Bereiche niederer Temperatur thatsächlich wieder zunimmt; es kann dies in einem Bereich geschehen, in welchem der Ablauf des zweiten Processes stärker verzögert ist, als der Ablauf des ersten Processes. Diese Erklärung durch veränderte Interferenz zwischen den Wirkungen beider Processe setzt voraus, erstens, dass nicht nur die Intensität der chemischen Muskelprocesse abnimmt, sondern dass auch ihr Ablauf mit sinkender Temperatur verzögert wird, wofür aus der sich verlängernden Zuckungsdauer der sichere Beweis zu entnehmen ist, und zweitens, dass die Verzögerung des zweiten Processes in einem gewissen Temperaturbereiche grösser sei, als die des ersten, wofür zwar kein directer Beweis vorgelegt werden kann, was aber auch nicht paradox ist. Dass übrigens die Geschwindigkeit des Ablaufes beider Processe eine verschiedene Function auch anderer Factoren sei, wird weiterhin gezeigt werden.

Für die bisherigen Schlussfolgerungen hat sich das Heranziehen von Versuchsergebnissen, welche unter isometrischen Bedingungen gewonnen wurden, von bahnbrechender Wirkung erwiesen, weil sich bei Isometrie die Form des Muskels nicht ändert und weil deshalb die Querelasticität adventitieller Substanzen ausser Spiel bleibt. Die thatsächliche Verhinderung und Gestattung äusserer Formänderung bei Isometrie und Isotonie hat aber noch weitere logische Consequenzen, deren Beachtung von principieller Wichtigkeit ist. Eine Verkürzung und Verdickung bei constantem Volum, welche im Erregungszustande eintritt, kann nicht ohne moleculare Umlagerung im Muskelfaserinhalt zu Stande kommen. Denkbar wäre freilich auch eine Zunahme der Dichte in der Längsrichtung bei äquivalenter Abnahme in der Quere. Die in dieser Beziehung ganz competenten optischen Untersuchungen haben aber nichts derartiges erkennen lassen. Bei gestatteter Verkürzung im Erregungszustande müssen also Molecüle des Muskelfaserinhaltes der Quere nach nebeneinander zu liegen kommen, welche vorher der Länge nach hintereinander lagen. Da diese Art der molecularen Umlagerung, wenn sie eintritt, die Formänderung, wie sie bei Isotonie beobachtet wird, zur Folge haben muss, so muss man auch mit Nothwendigkeit schliessen, dass bei Isometrie, wo

diese Formänderung verhindert ist, die der Isotonie entsprechende moleculare Umlagerung unterbleibt. Sie wäre nur denkbar bei gleichzeitiger Abnahme der longitudinalen und aequivalenten Zunahme der transversalen Dichte, wovon optisch nichts wahrzunehmen ist. Mit aller Strenge bewiesen ist also der fundamentale Satz, dass die für die isotonische Verkürzung maassgebenden molecularen Umlagerungen unter den Bedingungen der Isometrie verhindert sind. Isotonie und Isometrie unterscheiden sich von einander nicht nur durch die Gestattung oder Verhinderung äusserer Formänderung, sondern auch durch die Gestattung und Verhinderung molecularer Umlagerung. Das Streben nach derselben molecularen Umlagerung, welche, wenn sie gestattet ist, die isotonische Verkürzung bedingt, tritt, so lange sie verhindert ist, als isometrische Spannung in die Erscheinung.

Der regelrechte Aufbau des Muskelfaserinhaltes aus optisch verschieden wirksamen Substanzen ist bekannt, und es ist zu erwarten, dass der optischen Differenzirung auch eine chemische entspreche. Wenn Substanzen verschiedener chemischer Constitution sich berühren, so ist ferner zu erwarten, dass chemische Processe, welche sich in diesen Substanzen abspielen, die Bedingungen für die räumlichen Beziehungen der Substanzen ändern werden, sei es durch Änderung der die Grösse der Berührungsflächen bestimmenden Oberflächenconstanten, sei es durch Änderung der Mischungsmöglichkeit oder des Mischungstrebens. Diese Betrachtung eröffnet uns schon eine Aussicht auf die bis hierher geführte Herstellung von Beziehungen zwischen den chemischen Muskelprocessen und denjenigen molecularen Umlagerungen, welche je nachdem sie gestattet oder verhindert sind, die Änderungen der Form oder der Spannung im Muskel bedingen und dadurch die mechanischen Wirkungen des thätigen Muskels nach aussen vermitteln. Setzen wir nun die Betrachtung fort, indem wir die durchaus wahrscheinliche Annahme hinzufügen, dass der Ablauf der chemischen Muskelprocesse selbst wesentlich beeinflusst werde durch die räumlichen Beziehungen, welche zwischen den chemisch differenten Substanzen bestehen, so wird auch die Entdeckung HEIDENHAIN's von der Steigerung der chemischen Muskelprocesse durch Vermehrung der Contractionswiderstände sofort unserem Verständniss nähergerückt und wir können, gestützt auf diese grundlegende Thatsache, zuversichtlich in unseren Schlussfolgerungen fortfahren.

Als Maassstab für den Umfang der gesammten chemischen Processe im Muskel benutzten HEIDENHAIN und FICK, welcher die Entdeckung des ersteren bestätigte und weiter ausbaute, die Resultate von Temperaturbeobachtungen am thätigen Muskel, die unter Be-

dingungen angestellt wurden, bei denen sämtliche im Muskel umgesetzte Energie seinem Wärmeinhalt zu Gute kommen musste. Diejenige Kategorie von chemischen Processen im Muskel, welche oben kurzweg als zweiter Process bezeichnet wurde, kann nicht allein oder in erster Linie für eine Steigerung der Wärmeentwicklung verantwortlich gemacht werden; denn da der zweite Process nur das entfernt, was der erste geschaffen hat, so ist die Grenze seines Umfanges durch diesen bestimmt; es ist auch nicht anzunehmen, dass der specifische Wärmewerth des zweiten Processes grösser sei, als der des ersten; wahrscheinlich wird er ihn bei weitem nicht erreichen. Nothwendig ist der zweite Process im ganzen Umfang des ersten, damit der Muskel bei der Erschlaffung durch ein kleineres Gewicht auf die ursprüngliche Länge gebracht werde, als er bei der Contraction gehoben hat; nur hierdurch wird der Muskel dazu befähigt, mechanische Arbeit zu summiren, wie an Fick's Arbeitssammler — aber die Leistung der einzelnen mechanischen Arbeit selbst muss doch durch den Energie-Umsatz des ersten Processes bestritten werden. Die an und für sich nicht unmögliche Hypothese, dass gerade der specifische Wärmewerth des zweiten Processes durch Behinderung der Verkürzung gesteigert werde, liegt so weit ausserhalb des Bereiches der einfachsten Annahmen, dass es unfruchtbar erscheint, ihr nachzugehen. Wir kommen also zu dem neuen Schluss von fundamentaler Bedeutung und erheblicher Tragweite, dass zu den Bedingungen, unter denen der Umfang des ersten Processes gesteigert ist, die Beschränkung der molecularen Umlagerungen gehört.

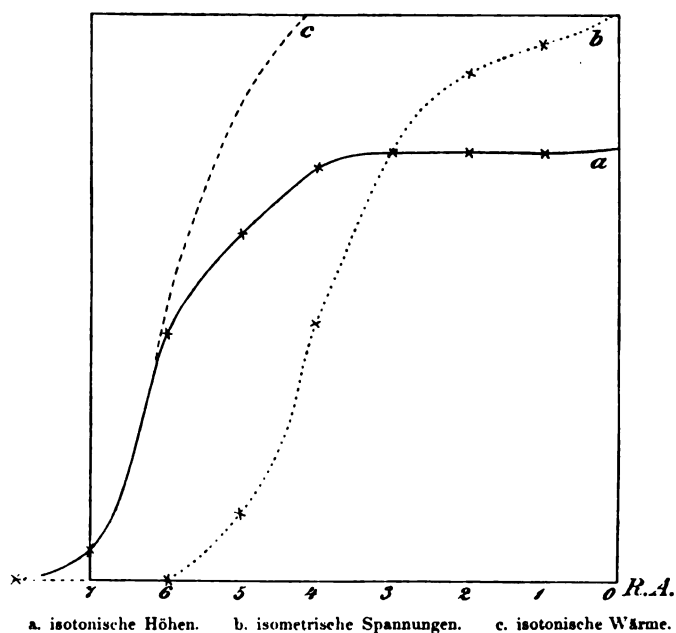
Die ursprüngliche Definition des ersten und zweiten Processes beruhte auf dem Antagonismus ihrer mechanischen Wirkungen, und es taucht nun die Frage auf, ob sich ihr Antagonismus nicht etwa auch auf ihre Bedingungen erstreckt. Versucht man eine Bejahung der Frage zu motiviren, so stösst man zunächst auf eine logische Einschränkung, denn eine Begünstigung des zweiten Processes unter Bedingungen, welche dem ersten ungünstig sind, kann sich nicht auf den Umfang erstrecken, dessen Grenze durch den Umfang des ersten Processes gesteckt ist, sondern nur auf die Beschleunigung. An die experimentelle Erfahrung haben wir uns also zu wenden zur Beantwortung der Frage, ob die Beschleunigung des zweiten Processes mit dem Umfang der molecularen Umlagerungen wächst. Eine Steigerung der letzteren ist bei Isotonie durch Erhöhung der Reizstärke zu erzielen, wie aus der Zunahme der Hubhöhen zu schliessen ist.

Eine der auffälligsten Erscheinungen der Myophysik ist es, dass bei fortschreitender Verstärkung der Einzelreize eine Hubhöhe erreicht wird, welche zwar durch weitere Verstärkung des Reizes nicht

übertroffen werden kann, wohl aber durch Wiederholung des Reizes in passend kurzem Zeitintervall. Die Grenze für Steigerung der Hubhöhe bei Einzelreiz ist aber nicht in inneren Widerständen gegeben, welche — wie die Elasticität der Sarkolemmschläuche — vom Reize unabhängig sind; auf dem von uns gewonnenen Standpunkt dürfen wir annehmen, dass es sich um einen chemischen Process handelt, der durch Interferenz um so stärker dämpfend eingreift, je mehr er bei gestatteter innerer Umlagerung durch Verstärkung des Reizes beschleunigt wird. Es wäre dies der von uns gedachte zweite Process. Würde dieser bei wachsender Stärke des Einzelreizes in seinem Ablauf mehr beschleunigt als der erste Process, so würde das Phaenomen der maximalen Einzelzuckung verständlich sein. Es müsste dann aber auch erwartet werden, dass bei Isometrie, wo der zweite Process weniger oder gar nicht mit zunehmender Reizstärke beschleunigt werden würde, die Reizstärke bis zur Erzielung der maximalen Spannung weiter sollte gesteigert werden können, als es bei Isotonie zur Erzielung maximaler Verkürzung möglich ist. Die leicht zu gewinnenden Curven der isotonischen Höhen und isometrischen Spannungen als Functionen der Reizstärke erfüllen das soeben entwickelte Postulat in der grossen Mehrzahl der Fälle und zeigen auch sonst Einzelheiten, die der Theorie nur günstig sind.

Die ausgezogene (isotonische) und die punktirte (isometrische) Curve der Fig. 3, welche derselben Versuchsreihe entstammen, ver-

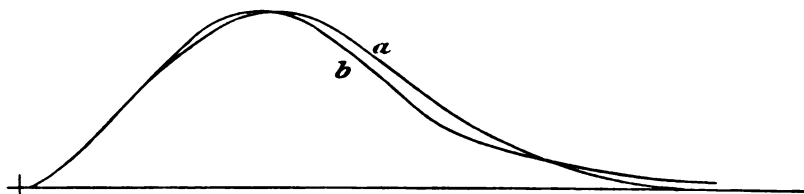
Fig. 3.



anschaulichen das bisher Gesagte. Die Abscisse misst die Rollenabstände des zur Reizung benutzten DU BOIS-REYMOND'schen Schlitten-inductoriums. Der bequemeren Vergleichung zu Liebe sind die isometrischen Spannungswerthe ebenso wie die isotonischen Verkürzungen nach oben aufgetragen, und ist der Spannung bei dem isotonisch-maximalen Reiz ($R.-A. = 3^{\text{mm}}$) derselbe Ordinatenwerth ertheilt, wie der maximalen Verkürzung. In auffallender und ich kann wohl sagen erfreulicher Weise hat sich hier das theoretisch Vorausgesagte durch das Experiment bestätigt gefunden. Von heuristischem Werth hat sich also die Vermuthung erwiesen, die Grenze des isotonischen Zuckungsmaximums sei dadurch bedingt, dass die mechanischen Wirkungen der mit dem Reize noch weiter wachsenden chemischen Prozesse durch Interferenz sich theilweise aufhoben, — aber um zu zeigen, dass sie die einzig berechnete sei, gehört noch der Beweis, dass der Umfang der chemischen Prozesse thatsächlich noch wächst, wenn durch weitere Steigerung des Einzelreizes eine Vergrößerung der Verkürzung nicht mehr zu erreichen ist. Diesen Beweis kann man nun wirklich älteren Wärmeversuchen von DANILEWSKY entnehmen, welche dieser angestellt und veröffentlicht hat, ohne die hier interessirende Fragestellung zu kennen. Die gestrichelte Curve der Fig. 3 stellt die Zunahme der Wärmeentwicklung mit wachsender Reizstärke im Verhältniss zur Zuckungshöhe dar, wie sie aus DANILEWSKY's Versuchen folgt.

Aus der Gesamtheit dieser Versuche geht hervor, dass bei Isotonie, das heisst bei gestatteter Umlagerung, der zweite Process durch Verstärkung des Reizes mehr beschleunigt wird, als bei Isometrie, dass aber auch die Beschleunigung bei Reizzuwachs nicht nur auf gesteigerter Umlagerung beruht. Einen unmittelbaren Eindruck hiervon bekommt man übrigens beim Vergleiche gut isotonischer Curven. Wenn bei zunehmender Reizstärke die Hubhöhe kaum noch oder gar nicht mehr gesteigert wird, dann zeigt sich noch Verkürzung des Stadiums der »wachsenden Energie« und Beschleunigung der Erschlaffung im ersten Theile des Stadiums der »sinkenden Energie«. Fig. 4 zeigt ein Beispiel hierfür. Es sind dies Feinheiten, welche

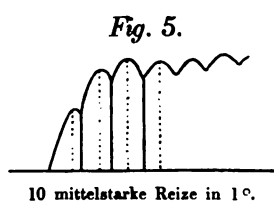
Fig. 4



Isotonische Zuckungen: a bei $R.-A. = 4$; b bei $R.-A. = 3$.

bisher der Beobachtung entgangen waren, und welche erst ganz neuerdings KOHNSTAMM als typisch für gut isotonische Curven kennen gelehrt hat.

Etwas Ähnliches hatte freilich schon früher von KRIES beobachtet, als er zwei gleiche Reize in kurzer Folge auf denselben Muskel wirken liess und das Stadium der wachsenden Energie, oder, wie er es nannte, die Gipfelzeit, bei der zweiten Zuckung, welche sich der ersten superponirte, verkürzt fand. Wie zwanglos sich diese isolirt gebliebene Beobachtung dem hier verfolgten Ideeengange einfügt, tritt am deutlichsten hervor, wenn man eine grössere Anzahl ganz gleicher Reize in passend gewähltem und ganz gleichem Zeitintervall auf den



Muskel einwirken lässt, wozu mir zuerst ein Magnetinductor eigener Construction Gelegenheit gab. In Fig. 5 ist ein Beispiel so gewonnener Curven abgebildet, und da die Thalspitzen — abgesehen von einer möglichen, aber jedenfalls sehr kleinen Änderung der Latenzzeit

— den Reizmomenten entsprechen und also aequidistant sind, so kann man die anfängliche von Reiz zu Reiz zunehmende Verkürzung der Gipfelzeit und die Steilheitszunahme der Erschlaffung unmittelbar ablesen. Diese beiden anschaulichen Änderungen haben wir von dem gewonnenen Standpunkt aus auf dieselbe Ursache, nämlich auf die Beschleunigung des zweiten Processes zu beziehen; und die zweckmässig erweiterte von KRIES'sche Beobachtung enthält also ein neues Beispiel veränderter Interferenz zwischen den Wirkungen der beiden chemischen Muskelprocesse. Wir lernen aus diesem Beispiel, dass ebenso wie Verstärkung des Reizes, so auch Wiederholung des gleich starken Reizes in passendem Intervall — wahrscheinlich durch Vermittlung gesteigerter Erregbarkeit — den zweiten Process beschleunigen kann, vorausgesetzt, dass die molecularen Umlagerungen der Isotonie gestattet sind; denn bei Isometrie bleibt das Phaenomen aus.

Kurz erwähnen kann ich im Anschluss hieran nur, dass ohne die gewonnene Einsicht in die gleichsinnige Abhängigkeit des zweiten Processes von der Reizstärke, der Reizfolge und der gestatteten molecularen Umlagerung die mannigfaltigen und sehr interessanten Erscheinungen, welche die nach neuen Methoden angestellten Untersuchungen zur Analyse des Tetanus ergeben, nur verwirrend wirken könnten, während sie von dem gewonnenen Standpunkt aus leicht zu übersehen sind. Auf derartige Einzelheiten einzugehen, muss ich mir in dieser Mittheilung versagen, deren Zweck mit Entwicklung einiger Grundgesetze erfüllt ist. An die schon zum Gemeingut gewordenen Anschauungen anschliessend und über dieselben hinaus-

gehend wurden im Vorstehenden die nächsten berechtigten Specialsätze bewiesen, welche hier nochmals kurz zusammengestellt werden mögen:

1. Der Energie-Umsatz im thätigen Muskel ist an zweierlei chemische Processe gebunden; die eine Kategorie kann man zunächst kurz als den ersten Process bezeichnen, die andere als den zweiten Process.

2. Der erste Process bedingt den Energiewandel aus der ursprünglichen Form chemischer Spannkraft bis in solche Formen, welche Componenten vermehrter Längsattraction enthalten; bei dem zweiten Process werden diese Formen weiter umgewandelt in solche, denen diese Componenten fehlen. Der zweite Process ist in seiner mechanischen Wirkung antagonistisch zum ersten. Die als Wärme erscheinenden Wirkungen beider Processe summiren sich einfach.

3. Der Umfang des ersten Processes wird gesteigert:

- a) durch Verstärkung des Reizes,
- b) durch Erhöhung der Temperatur,
- c) durch Vermehrung der Widerstände, die sich der Zusammenziehung entgegensetzen.

4. Der zweite Process wird beschleunigt:

- a) durch Erhöhung der Temperatur bei Isotonie und Isometrie,
- b) durch Erhöhung der Reizstärke bei Isotonie,
- c) durch die Reizfolge bei Isotonie.

Als nützlicher Hilfssatz hat sich ergeben: Die Widerstände, welche sich der Zusammenziehung entgegensetzen und bei Isometrie am stärksten zur Wirkung kommen, schränken die molecularen Umlagerungen ein, welche sich bei Isotonie am freiesten entfalten können.

15. Untersuchungen über etwaige Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper.

VON H. LANDOLT.

(Vorgetragen am 12. März 1891 und 4. Februar 1892; — gedruckt im
Bericht vom 27. April [St. XXII]; — ausgegeben am 4. Mai.)

Bekanntlich gilt die alte PROUT'sche Hypothese, nach welcher die Atomgewichte aller Elemente ganze Vielfache desjenigen des Wasserstoffs sein sollen, durch die Arbeiten von STAS und MARIGNAC, sowie durch manche neuere Atomgewichtsbestimmungen als vollständig widerlegt. Die Abweichungen von den nächstliegenden ganzen Zahlen sind oft sehr gross, wie bei Chlor (35.364), Brom (79.763), Jod (126.557), Silber (107.668), Platin (194.34), bei andern Elementen wie Lithium (7.012), Kohlenstoff (11.973), Stickstoff (14.006), Natrium (22.995), Schwefel (31.983), Kalium (39.038) dagegen nur klein, aber selbst in den letztern Fällen übersteigen die Differenzen stets die Versuchsfehler, indem letztere höchstens ± 0.004 betragen.

Dass somit die durch Analyse oder Synthese ermittelten Werthe für die Atomgewichte stets mit Decimalen behaftet sind, zu deren Streichung man nicht berechtigt ist, steht unzweifelhaft fest, aber es lässt sich die Frage aufwerfen, ob nicht Ursachen vorhanden sein könnten, welche die Abweichungen von ganzen Zahlen hervorbringen. Dieser Gedanke wurde schon im Jahre 1865 von MARIGNAC¹ ausgesprochen, und zwar hält Letzterer es nicht für unmöglich »dass man PROUT's Gesetz neben die Gesetze von MARIOTTE und GAY-LUSSAC stellen und die Existenz einer wesentlichen Ursache anerkennen könne, auf Grund deren alle Atomgewichte einfache Verhältnisse zeigen müssten, sowie ferner secundärer Ursachen, welche leichte Störungen in diese Verhältnisse bringen«.

Eine Vermuthung über die mögliche Art solcher störender Einflüsse ist ebenfalls bereits geäußert worden. Dieselbe stammt von

¹ LIEBIG's Ann. Suppl. Bd. IV. 206.

LOTHAR MEYER,¹ welcher in seinen »Modernen Theorien der Chemie« sagt: »Es ist wohl denkbar, dass die Atome aller oder vieler Elemente doch der Hauptsache nach aus kleinern Elementartheilchen einer einzigen Urmaterie, vielleicht des Wasserstoffes, bestehen, dass aber ihre Gewichte darum nicht als genaue Vielfache von einander erscheinen, weil ausser den Theilchen dieser Urmaterie etwa noch grössere oder geringere Mengen der vielleicht nicht ganz gewichtlosen den Weltraum erfüllenden Materie, welche wir als Lichtaether zu bezeichnen pflegen, in die Zusammensetzung der Atome eingehen. Es ist das eine Hypothese, die nicht unzulässig erscheint und, obwohl sie zur Zeit weder erwiesen noch widerlegt werden kann, doch in weiterer Ausführung, vielleicht zukünftig lohnende Früchte zu tragen vermag, wenn sich auch für den Augenblick die Gewinnung solcher noch nicht erwarten lässt.«

Anstatt eine chemische Bindung des Aethers anzunehmen, hat man sich auch vorgestellt, dass die Atome von einer Schicht äusserst stark verdichtetem und dadurch wägbarem Aether umgeben seien. Diese Ansicht ist namentlich von dem Botaniker C. v. NÄGELI in seiner Schrift:² »Kräfte und Gestaltungen im molecularen Gebiet« entwickelt worden. Die Urmaterie soll aus kleinsten Theilchen, sogenannten Ameren, bestehen, welche sich zu Gruppen von wesentlich verschiedener Grössenordnung zusammenballen. Anhäufungen einer ungeheuren, Billionen betragenden Zahl von Ameren bilden die Atome der chemischen Elemente. Agglomerationen von weit geringerer Dichtigkeit erscheinen als sogenannter Schweraether oder wägbarer Aether, welcher die Atome als Hülle umgiebt. Dieser geht in weiterer Entfernung von den Atomen über in den noch dünnern sogenannten Zwischenhüllaether, der auch die Molecüle des Körpers umgiebt und den Durchgang des Lichtes vermittelt.³ Gruppen von wenigen Ameren oder vielleicht auch die letztern allein sind endlich der Leichtaether, welcher mit dem freien Lichtaether oder Weltaether identisch ist. —

¹ II. Aufl. (1872) S. 293. V. Aufl. (1884) S. 135.

² Zuerst erschienen als Anhang zu C. v. NÄGELI's Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. 1884.

³ An die Wägbarkeit des in einem Körper vorkommenden, der Lichtschwingungen fähigen Aethers ist nicht zu denken. Seine Dichte D lässt sich bekanntlich aus der zuerst von FRESNEL aufgestellten Beziehung $D = n^2 d$ ableiten, wobei n der Brechungsindex der Substanz und d die Dichtigkeit des Aethers im freien Raum bedeutet. Für letztere kann nach L. GRAETZ (WIED. ANN. 25. 165) angenähert der Werth 10^{-17} , bezogen auf Wasser = 1, genommen werden. Hiernach berechnet sich z. B. für Schwefelkohlenstoff mit dem mittlern Brechungsexponent $n = 1.628$ und dem specifischen Gewicht 1.263, dass der in einer Million Kubikmeter dieser Flüssigkeit befindliche Aether $0^m 0266$ wiegt, oder dass 50000 Millionen Kilogramme Schwefelkohlenstoff $1^m 3$ Aether enthalten.

Macht man nun auf Grund dieser NÄGELI'schen Anschauungen die zulässige Annahme, dass die Schweraetherhüllen der verschiedenen chemischen Atome ungleich dicht sein werden, so muss, wenn in dem Molecül einer Verbindung ein Element sich durch ein anderes ersetzt, an der eintretenden Gewichtsänderung auch die veränderte Menge des wägbaren Aethers Antheil haben. Somit könnte der Fall eintreten, dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich gefunden wird, indem eine gewisse Menge ponderablen Aethers aus oder eingetreten ist. Das Gleiche wäre möglich, wenn der Aether von den Atomen chemisch aufgenommen würde.

Eine andere Vermuthung welche sich aufstellen liesse, wenn in der That solche Gewichts-differenzen nachweisbar wären, ist die, dass die Schwere nicht auf alle Substanzen mit völlig gleicher Intensität wirkt. Wie schon BESSEL 1833 bemerkt hat, kann diese Frage nicht absolut sicher entschieden werden, sondern nur mit einer Genauigkeit, welche von der zeitweiligen Präcision der Instrumente und Beobachtungsmethoden abhängt. Die mit verschiedenen Metallen sowie Mineralien angestellten Pendelversuche BESSELS¹ hatten ergeben, dass der fragliche Unterschied kleiner sein muss als $\frac{1}{60000}$ der gemessenen Grösse (Länge des Secundenpendels). Durch neuere von R. v. EÖTVÖS² mit Torsionswaagen angestellte Versuche ist diese Grenze indess viel weiter hinausgerückt worden. Dieselben zeigten, dass wenn überhaupt eine Differenz in der Schwere der Körper von gleicher Masse aber verschiedener Substanz vorhanden ist, diese zwischen Luft und Messing weniger als $\frac{1}{100000}$, und hinsichtlich Messing, Glas, Antimonit und Korkholz weniger als $\frac{1}{20000000}$ beträgt. Auf das Gewicht eines Kilogrammes bezogen, würde die erste Zahl dem Unterschiede von 10^{mg} , die zweite einem solchen von $0^{\text{mg}}05$ entsprechen.

Greift man zur gewöhnlichen Waage und stellt Versuche in der Weise an, dass man Substanzen, welche in einem hermetisch geschlossenen Gefässe sich befinden, chemisch umwandelt, so müsste eine dabei beobachtete Gewichtsänderung von einer verschiedenen Wirkung der Schwere herrühren, wenn die Annahme gemacht wird, dass die Gesamtmasse der Stoffe vollständig gleich geblieben sei. Setzt man andererseits voraus, die Gravitation wirke auf alle Körper absolut übereinstimmend, so müsste der Gewichtsunterschied davon herrühren, dass die Masse zu- oder abgenommen hat. Dies liesse sich

¹ BESSEL. Versuche über die Kraft, mit welcher die Erde Körper von verschiedener Beschaffenheit anzieht. — SCHUMACHER'S Astronomische Nachrichten X. 97 (1833).

² R. v. EÖTVÖS. Über die Anziehung der Erde auf verschiedene Substanzen Math. u. naturwissensch. Berichte aus Ungarn. VIII. 65 (1891).

nur denken, wenn die oben erwähnte Vorstellung von der Existenz eines wägbaren Aethers adoptirt wird, und man annimmt, derselbe könne durch die Wandung des Gefässes ein- oder austreten. Die letztere Erklärungsweise würde in den Fällen die wahrscheinlichere sein, wo die Versuche ergeben sollten, dass die Änderung des Gewichtes mehr beträgt, als nach den genannten Erfahrungen einer etwaigen Verschiedenheit in dem Einfluss der Schwere entsprechen kann.

Genauere experimentelle Prüfungen der Frage, wie nahe das Gewicht einer chemischen Verbindung mit der Summe der Gewichte ihrer Bestandtheile übereinstimmt, sind bereits von J. S. STAS und in neuester Zeit von D. KREICHGAUER ausgeführt worden. Bei der directen Synthese des Jodsilbers hatte STAS¹ bekanntlich stets einige Milligramme dieses Körpers weniger erhalten als der Summe des abgewogenen Silbers und Jods entsprach, und zwar betrug der Verlust $\frac{1}{20000}$ bis $\frac{1}{72000}$ der Gesamtmasse, im Mittel aus fünf Versuchen $\frac{1}{40000}$. Dasselbe zeigte sich bei den Synthesen des Bromsilbers.² Die Differenzen konnten indess sehr wahrscheinlich Folge der angewandten complicirten Operationen sein, indem das Silber in Silbersulfat, das Jod in Jodwasserstoffsäure übergeführt, und der nach dem Vermischen der Lösungen entstandene Niederschlag von Jodsilber durch Decantation mit Wasser ausgewaschen wurde. Zwei weitere Versuche, welche STAS³ über die Zersetzung des Silberjodates in Jodsilber und Sauerstoff angestellt hatte, wobei der letztere von einer gewogenen Menge erhitzten Kupfers aufgenommen wurde, lieferten folgende Zahlen:

Angewandtes Silberjodat	Erhalten Jodsilber + Sauerstoff	Differenz
98 ^g 2681	98 ^g 2695	+ 1 ^{mg} 4 = $\frac{1}{70000}$
156.7859	156.7839	— 2.0 = $\frac{1}{78000}$

Hier sind die Abweichungen noch kleiner als die bei den Synthesen des Jodsilbers beobachteten; ausserdem ist die eine positiv, die andere negativ.

Mit Ausschluss aller durch chemische Operationen verursachten Fehler, nämlich unter Anwendung zugeschmolzener Glasgefässe, in denen zwei Substanzen erst getrennt und sodann nach ihrer chemischen Vereinigung gewogen wurden, sind die Versuche angestellt, welche Dr. KREICHGAUER⁴ im Jahre 1891 veröffentlicht hat. Er wandte

¹ STAS. Nouv. Recherches sur les lois des proportions chimiques. 1865. S. 152. Übersetzung v. ARONSTEIN S. 152.

² Nouv. Rech. S. 171 — ARONSTEIN S. 170.

³ Nouv. Rech. S. 189 u. 190 — ARONSTEIN S. 196 u. 197.

⁴ D. KREICHGAUER. Einige Versuche über die Schwere. Verh. d. physik. Gesellsch. zu Berlin. Sitzung vom 23. Jan. 1891. Jahrg. X. No. 2. S. 13.

für jeden derselben zwei gleich beschickte Gefässe *A* und *B* an, deren Volumdifferenz zur Berechnung des Gewichtes der verdrängten Luft bestimmt worden war, und ermittelte den nur wenige Milligramme betragenden Gewichtsunterschied nach den Methoden der Präcisionswägung. Die Versuche, bei welchen Quecksilber mit Brom oder Jod verbunden wurde, lieferten nach den mitgetheilten kurzen Angaben folgende Resultate:

I. Quecksilber und Brom (etwa 160°).

Vor der Vereinigung	Nach der Vereinigung	
<i>A</i> — <i>B</i>	in Gefäss <i>A</i> <i>A</i> — <i>B</i>	in Gefäss <i>B</i> <i>A</i> — <i>B</i>
9 ^{mg} 313	9 ^{mg} 303	9 ^{mg} 346
322	324	318
295	Mittel 9 ^{mg} 313	336
Mittel 9 ^{mg} 310	9 ^{mg} 352	343
	341	Mittel 9 ^{mg} 336
	346	
	338	
	Mittel 9 ^{mg} 344	

II. Quecksilber und Jod (etwa 170°).

Vor der Vereinigung	Nach der Vereinigung	
<i>A</i> — <i>B</i>	in Gefäss <i>B</i> <i>A</i> — <i>B</i>	
1 ^{mg} 477	1 ^{mg} 466	
464	475	
468	462	
Mittel 1 ^{mg} 470	455	
	470	
	473	
	Nach d. Erwärmen von <i>B</i> auf 100°	
	<i>B</i> abermals auf 100° erwärmt:	
	Nach Abwischen beider Gefässe	
	mit einem trocknen Tuch 470	
	Mittel 1 ^{mg} 467	

KREICHGAUER zieht aus diesen Versuchen, zu welchen noch ein mit Natriumacetat (flüssig als übersättigte Lösung und erstarrt) angestellter hinzukommt, den Schluss „dass bei den verwendeten Körpern eine Änderung durch die Anziehung der Erde in Folge chemischer Kräfte unterhalb $\frac{1}{20000000}$ der ganzen Anziehung bleiben müsste“.

Veranlasst durch die oben dargelegten Verhältnisse hatte ich vor drei Jahren begonnen, mich ebenfalls mit der Prüfung der fraglichen

Gewichtsänderungen zu beschäftigen, und zwar in erster Linie um zu entscheiden, ob, wenn solche sich überhaupt feststellen lassen, sie von einer derartigen Grösse sind, dass dadurch eine wesentliche Beeinflussung der Atomgewichte stattfindet. Es musste, wenn möglich, mit Bestimmtheit festgestellt werden, ob die Chemiker wirklich mit einem wägbaren Aether zu rechnen haben oder nicht. Die Versuche von STAS, welche zu jener Zeit allein vorlagen, gaben noch keine genügende Auskunft; es ging aus denselben nur hervor, dass man sich auf die Bestimmung sehr kleiner Gewichts-differenzen gefasst machen musste und ferner sichere Resultate nur zu erwarten sind, wenn man die chemischen Umsetzungen in zugeschmolzenen Glasgefässen vornimmt. Inzwischen erschienen die Untersuchungen KREICHGATER's, welche bereits auf diese Weise ausgeführt waren: aber dieselben konnten mich nicht hindern, die begonnene Arbeit fortzusetzen, da ich wesentlich andere Reactionen, und zwar auf nassem Wege verlaufende, in Anwendung zog. Dagegen war ich in Folge der vielfachen Schwierigkeiten, welche sowohl bei der Herstellung der Apparate als auch bei den Wägungen auftraten, und deren Überwindung ein grosses Maass von Geduld in Anspruch nahm, mehrmals auf dem Punkte, die ganze Untersuchung fallen zu lassen. Indessen drängte der Reiz der Sache, sowie der Umstand, dass die anfänglich erhaltenen Resultate einen bestimmten Sinn zu haben schienen, immer wieder zur Weiterführung, trotz des Bewusstseins, ein wahrscheinlich unerreichbares Ziel zu erstreben.

Die Reactionen, welche ich der Prüfung unterworfen habe, sind folgende:

1. Umsatz von Silbersulfat und Ferrosulfat in Silber und Ferrisulfat. Es wurde schwefelsaures Silber und nicht salpetersaures aus dem Grunde angewandt, weil Stas das erstere zu Atomgewichtsbestimmungen des Silbers benutzt hatte, und es sich darum handelte, eine etwa gefundene Gewichtsänderung zur Correction dieser Analysen zu verwenden.

2. Umsetzung von Jodsäure und Jodwasserstoff in Jod und Wasser.

3. Überführung von Jod in Jodwasserstoff mit Hilfe von Natriumsulfit.

Diese beiden letzteren Reactionen stehen annähernd in umgekehrtem Verhältniss zu einander, insofern bei der einen sich Jod in festem Zustande abscheidet, bei der andern dagegen verschwindet. Man konnte daher erwarten, dass die Gewichtsänderungen im entgegengesetzten Sinne auftreten werden.

4. Umsetzung von Chloralhydrat und Ätzkali in Chloroform und Kaliumformiat.

Hält man an der Vorstellung des wägbaren Aethers fest, so muss, wenn bei diesen Reactionen eine Zu- oder Abnahme des Gewichts eintritt, diese davon herrühren, dass die zwei neu gebildeten Substanzen einen andern Aethergehalt besitzen als die beiden ursprünglichen. Bleibt das Gewicht unverändert, so könnte dies allerdings davon herrühren, dass bei dem chemischen Umsatz nur eine andere Vertheilung des Aethers stattfindet, und die Summe desselben in den vor und nach der Reaction vorhandenen Körpern die gleiche bleibt. Bei der grossen Verschiedenheit der betreffenden Substanzen ist jedoch dieser Fall wenig wahrscheinlich.

Angewandte Methoden.

Zur Aufnahme der Substanzen dienten Ω förmige Glasgefässe, deren beide verticale unten geschlossene Schenkel 18^{cm} lang und 5^{cm} weit waren, während das obere gekrümmte Verbindungsstück nur einen Durchmesser von etwa 2^{cm} besass. In das letztere mündeten beiderseits kurze offene Röhren, welche zum Einfüllen dienten und nachher zugeschmolzen wurden. Bevor die theils aus Thüringer theils Jenaer Natronglas geblasenen Apparate in Gebrauch kamen, wurden sie behufs Verminderung des Alkaligehaltes der äussern Glasoberfläche erst mehrere Tage in verdünnte Schwefelsäure gelegt und sodann in Wasser 8 Stunden lang auf 80–100° erhitzt. Für jeden Versuch wählte man zwei Apparate von nahe übereinstimmender Grösse aus, und beschickte dieselben in möglichst gleicher Weise mit den abgewogenen Mengen der Reactionssubstanzen, sowie den zur Lösung nöthigen Wassermengen, wodurch die Schenkel sich zu etwa $\frac{3}{4}$ anfüllten. Nachdem die beiden seitlichen Röhren abgeschmolzen worden waren, handelte es sich darum, dass äussere Volum der zwei Apparate gleich zu machen, um bei den Wägungen die Correction für die verdrängte Luft umgehen zu können. Hierfür wurde durch hydrostatische Wägung der Volumunterschied beider Gefässe bestimmt, und zu dem kleinern sowie leichtern aus einer Glasröhre ein im Innern beschwerter Zusatzkörper angefertigt, den man mittelst Platindraht befestigte. Diesen Körper verbesserte man so lange, bis der Unterschied im Volum der beiden Apparate weniger als 0^{ccm}05, und die Gewichts Differenz einige Milligramme betrug. Schliesslich werden die Gefässe mehrere Tage im luftverdünnten Raum neben Phosphorsäureanhydrid stehen gelassen.

Es folgte nun mittels Praecisionswägungen die genaue Bestimmung des Gewichtsunterschiedes der beiden Apparate *A* und *B*, erstens

in ursprünglichem Zustande, zweitens nach Vornahme der Reaction in *A* und drittens nach derjenigen in *B*. Fand zwischen den Wägungen I und II eine Abnahme der Gewichts-differenz $A - B$ statt, so musste zwischen II und III eine Zunahme eintreten, und am Schlusse wieder der anfängliche Unterschied vorhanden sein; jeder Versuch war somit ein doppelter. Zur Ausführung der Reaction wurde die Flüssigkeit aus dem einen Schenkel in den andern überfliessen gelassen, und zwar in kleinen Portionen, um jede stärkere Erwärmung als bis höchstens etwa 30° zu vermeiden. Da die gänzliche Vollendung der Reactionen meist einige Tage in Anspruch nahm, so wurde der Apparat während dieser Zeit in einen dicht schliessenden Glaskasten eingesetzt, um ihn vor Staub zu schützen.

Zu den Wägungen habe ich folgende Instrumente angewandt:

1. Eine von P. STÜCKRATH in Berlin verfertigte Praecisionswaage erster Classe mit Vorrichtung zur selbstthätigen Umwechslung der Belastungen sowie zum Niedersenken von Reitergewichten auf die Gehänge, und zwar im geschlossenen Gehäuse aus $1\frac{1}{2}^m$ Entfernung. Spiegelablesung mit Glasscale und Fernrohr. Balkenlänge 30^{cm} . Tragfähigkeit $1\frac{1}{2}^{kg}$. Als Gehäuse diente anfänglich ein mit Messingdeckel versehener Glascylinder, später eine Glocke aus dickem vernickeltem Kupferblech, welche blos eine kleine mit Glasplatte verschlossene Öffnung für den Durchgang des Lichtstrahles besass. Die hiermit erreichte gleichförmige Wärmevertheilung zeigte sich von wesentlichem Erfolg. Die über beiden Gehängen befindlichen Sätze Reitergewichte aus Aluminiumdraht bestanden aus 5 Stücken von nominell 10, $10\frac{1}{2}$, 11, 13, 17 mg, mittels deren alle Combinationen zwischen $0^{mg}5$ und $21^{mg}5$ um 0.5 steigend, sich herstellen lassen. Der wahre Werth der Gewichte war bis auf einige Tausendstel Milligramm mit Hülfe einer STÜCKRATH'schen Spitzenwaage bestimmt worden. Die Apparate, deren Gewicht sich auf $700-900^g$ belief, wurden auf vergoldete Messingstative gesetzt und mit diesen zusammen gewogen, wodurch die Belastung auf nahezu 1300^g stieg. Die Empfindlichkeit habe ich stets so eingestellt, dass 1^{mg} einen Anschlag von 30 bis 40 Scalentheilen gab, wobei die Schwingungsdauer etwa 1 Minute betrug. — Das Instrument war ursprünglich zu Wägungen im Vacuum construirt worden, jedoch gelang es nicht, die Verdünnung genügend lange Zeit constant zu erhalten, und ich habe daher stets in Luft gewogen.

2. Eine Waage von Mech. A. RUEPRECHT in Wien, für 2^{kg} Belastung, successive Auslösung von Schalen, Gehänge und Balken aus $1\frac{1}{2}^m$ Distanz, und Spiegelablesung. Meist wurde indess auf die Weise beobachtet, dass man die Bewegung des Zeigers an der Scale mit dem Verticalfaden eines Fernrohres verfolgte, welches durch eine

Mikrometerschraube sich horizontal bewegen liess. Zur Regulirung der Schwingungen dienten zwei beim Ablesefernrohr liegende Gummibälle, von welchen enge Kautschukröhren zu Glasspitzen führten, die unter jeder Waageschale sich befanden, wodurch ein schwacher Luftstoss gegen die letztern hervorgebracht werden konnte. Empfindlichkeit bei 1^{kg} Belastung für 1^{mg} 3 Theilstriche, von welchen Zwanzigstel sich mit Sicherheit schätzen liessen. Dauer einer Schwingung 50 Sekunden. Der angewandte Gewichtssatz umfasste blos 4 aus Aluminiumdraht hergestellte Stücke von 4, $4\frac{1}{2}$, 5 und 7^{mg} , welche durch Auflegen auf beide Waageschaalen alle Gewichte zwischen 0.5 und 9^{mg} 5, um $\frac{1}{2}^{\text{mg}}$ zunehmend, sich herstellen lassen. Die Waage zeigte bei wiederholter Auslösung ein ungemein gleichförmiges Absetzen des Balkens und der Gehänge. Behufs gleichförmiger Wärmevertheilung wurde das Gehäuse mit einem doppelwandigen Kasten aus Kupferblech überdeckt, dessen vordere Seite sich emporschieben liess. Beim Gebrauche dieser Waage mussten die beiden Apparate mittels eines starken Platindrahtes an dem am Schaalenbügel befindlichen Haken aufgehängt, und bei geöffneten Thüren umgewechselt werden, was anfangs mit der Hand, später mit Hülfe einer besonders dazu construirten Zange geschah.

3. Eine Waage aus der Werkstatt von G. WESTPHAL in Celle mit Auslösung von Balken und Schalen (aber nicht der Gehänge) aus $1\frac{1}{2}^{\text{m}}$ Entfernung. Tragkraft 2^{kg} . Die Ablesung der Nadel sowie alle übrigen Manipulationen wurden genau wie bei der RUEPRECHT'schen Waage vorgenommen. Das Instrument ist bloss bei einer einzigen Versuchsreihe benutzt worden.

Die Schneiden der zwei erstern Waagen wurden während des mehrjährigen Gebrauchs von Hrn. STÜCKRATH mehrmals neu geschliffen.

Zur Bestimmung des Gewichtsunterschiedes der beiden Apparate *A* und *B*, von welchen *A* stets um einige Milligramme schwerer war als *B*, habe ich im Wesentlichen das GAUSS'sche Wägungsverfahren mit zweimaligem Umtausch der Belastungen und viermaliger Empfindlichkeitsbestimmung angewandt, unter Berücksichtigung der von G. SCHWIRKUS¹, M. THIESEN², J. W. MAREK³ und R. WEINSTEIN⁴ gemachten Angaben. Die Wägungen wurden nach folgendem,

¹ G. SCHWIRKUS. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. I 84 und 124, II 310, IV 261, VII 41. 82. 412.

² M. THIESEN. Trav. et Mém. du Bureau internat. des poids et mesures. V. 1886. Abth. II. 1–40. Zeitschr. f. Instr. II 358, III 81.

³ J. W. MAREK. Trav. Mém. Bur. intern. I D_1-D_{91} . 1881; II D_1-D_{82} . 1883; III D_5-D_{139} . 1884.

⁴ R. WEINSTEIN. Handb. d. phys. Maassbestimmungen. II 422–427.

die Bestimmung von 8 Gleichgewichtslagen umfassenden Schema ausgeführt, mit Anwendung der rechts aufgelegten Milligrammgewichte P_r und p_r , von welchen P_r um $\frac{1}{2}$ oder 1^{mg} grösser war als p_r , und der links aufgelegten P_l und p_l , die sich durch den gleichen Betrag unterschieden.

Theilwägung	Links	Rechts	Gleichgewichtslage
Nr. 1	App. A	App. B + P_r	R_1
2	A	B + p_r	r_1
3	B + p_l	A	l_1
4	B + P_l	A	L_1
5	B + P_l	A	L_2
6	B + p_l	A	l_2
7	A	B + p_r	r_2
8	A	B + P_r	R_2

Aus den Mittelwerthen:

$$\frac{R_1 + R_2}{2} = R, \quad \frac{r_1 + r_2}{2} = r, \quad \frac{l_1 + l_2}{2} = l, \quad \frac{L_1 + L_2}{2} = L$$

ergab sich der Gewichtsunterschied der Apparate:

$$A - B = \frac{1}{2} \left[p_r + p_l + (P_r - p_r + P_l - p_l) \frac{r - l}{(r - R) + (L - l)} \right].$$

Die Gleichgewichtslagen R_1, r_1, l_1 u. s. w. wurden durch Beobachtung von 3 oder 4 Umkehrpunkten l_1, l_2, l_3, l_4 nach den von M. THIESEN¹ gegebenen Formeln:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{l_1 + l_3}{2} + l_2 \right)$$

bez. $\frac{1}{4} \left(\frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{2} + l_2 + l_3 \right)$

berechnet. Diese Bestimmungen sind stets durch zwei- bis fünfmalige Auslösung der Waage wiederholt und aus denselben das Mittel genommen worden.

Als Beispiel gebe ich nachstehend eine vollständige mit Hülfe des STÜCKRATH'schen Instrumentes ausgeführte Wägung. Die RUEPRECHT'sche Waage gab ganz ähnliche Ablesungen.

¹ Trav. Mém. Bur. intern. V. Abth. II. 25.

Beginn der Wägung 2^h 30'. Temperatur 19°20.
 Schluss . . . 4^h 30'. Temperatur 19°40.

Der Nullpunkt der unbelasteten Waage liegt ungefähr bei dem Theilstriche 250.

Theil- Wäg. Nr.	Lage der Apparate		Aufgelegte Reiter- Gewichte		Ent- sprechendes Gewicht	Beobachtete Umkehr- punkte bei dreimaliger Auslösung der Waage	Gleich- gewichts- lage	Mittel
	Links	Rechts	Links	Rechts				
1	A	B	10.5	17	6 ^{mg} ₅ corrigirt 6.508 = P _r	264.0 — 226.3 — 260.8 272.1 — 221.0 — 267.2	244.35 245.31	244.83 = R ₁
2	A	B	11	17	6 ^{mg} corrigirt 6.026 = p _r	283.3 — 243.1 — 279.9 290.0 — 237.8 — 286.2 274.9 — 250.5 — 271.5	262.35 262.95 261.85	262.38 = r ₁
3	B	A	11	—	11 ^{mg} corrigirt 10.985 = p _l	280.2 — 233.0 — 275.7 278.8 — 233.3 — 274.9 282.6 — 232.1 — 278.4	255.48 255.08 256.30	255.62 = l ₁
4	B	A	10.5 + 11	10	11 ^{mg} ₅ corrigirt 11.485 = P _l	293.5 — 256.3 — 290.4 291.0 — 257.6 — 288.1	274.12 273.58	273.85 = L ₁
5	B	A	Wie bei Nr. 4		Wie bei Nr. 4	296.2 — 252.2 — 292.9 294.7 — 254.7 — 291.6	273.38 273.92	273.65 = L ₂
6	B	A	Wie bei Nr. 3		Wie bei Nr. 3	277.0 — 236.5 — 273.7 281.3 — 230.0 — 275.8 279.6 — 232.4 — 277.2	255.92 254.28 255.40	255.20 = l ₂
7	A	B	Wie bei Nr. 2		Wie bei Nr. 2	277.6 — 248.0 — 274.5 282.2 — 243.7 — 278.0 284.3 — 240.7 — 280.2	262.03 261.90 261.47	261.80 = r ₂
8	A	B	Wie bei Nr. 1		Wie bei Nr. 1	258.2 — 231.0 — 255.2 267.1 — 220.0 — 263.5	243.85 242.65	243.25 = R ₂

$$R = 244.04 \quad r = 262.09 \quad l = 255.41 \quad L = 273.75$$

$$P_r = 6.508 \quad p_r = 6.026 \quad p_l = 10.985 \quad P_l = 11.485$$

$$r - R = 18.04 \quad L - l = 18.34 \quad r - l = 6.68$$

$$P_r - p_r = 0.482 \quad P_l - p_l = 0.500 \quad p_r + p_l = 17.011$$

$$A - B = \frac{1}{2} \left[17.011 + 0.982 \cdot \frac{6.68}{36.38} \right] = 8^{\text{mg}}.596.$$

Fehlerquellen.

Diese konnten erstens durch die Glasgefäße verursacht sein und zwar in Folge:

a) ungleichen Volums derselben. Da die Apparate bis auf einige Hundertstel Cubikcentimeter ausgeglichen waren, so betrug die durch die gewöhnlichen Schwankungen der Luftdichte (1^{ccm} Luft = 1^{mg}.15 bis 1^{mg}.25) hervorgebrachte Verschiedenheit des Auftriebes höchstens

etwa $0^{\text{mg}}005$. Demnach erschien es überflüssig, die betreffende Correction anzubringen. Die in der Folge bei Silbersulfat und Eisenvitriol Versuch II angegebenen Wägungen, welchen die zugehörige Luftdichtigkeit beigelegt ist, lassen in der That keinen bestimmten Zusammenhang zwischen den Schwankungen beider erkennen.

b) der Veränderlichkeit der äusseren Wasserschicht am Glase. Wie schon erwähnt, wurden die Apparate, deren Oberfläche etwa 350^{cm^2} betrug, mit verdünnter Schwefelsäure sowie kochendem Wasser behandelt, um den Alkaligehalt der Aussenseite und damit deren wasseranziehende Wirkung zu vermindern.¹ Nach Versuchen von IMORI² beträgt die auf ausgekochtem Jenenser Glas pro Quadratcentimeter niedergeschlagene Wassermenge $0.35-0.68$ Milliontel Gramm, bei 350^{cm^2} Fläche würde dieselbe demnach $0.123-0.238$ mg wägen. Dieses Gewicht kann sich ändern durch den Wechsel im Feuchtigkeitsgehalte der Luft, besonders aber möglicherweise dann, wenn in dem Gefässe die chemische Reaction vorgenommen wird und dasselbe dadurch eine Erwärmung erlitten hat. Über diesen Punkt sind mehrere Versuche angestellt worden, und zwar in der Art, dass man entweder einen oder auch beide Apparate in einem Luftbade auf $30-45^{\circ}$ erhitzte, und dann nach theils langsamer theils rascher Abkühlung am nächsten Tage wog. Wie aus den später bei Jodsäure und Jodwasserstoff (Versuch III), sowie Jod und Natriumsulfit (Versuch I) angegebenen Wägungen ersichtlich ist, liess sich ein bestimmter Einfluss dieser Erwärmungen nicht erkennen. Da bei den Reactionen die Temperatur der Apparate niemals über 30° stieg, so war von dieser Seite kein wesentlicher Fehler zu befürchten.³

c) Änderungen des Gewichtes der Apparate durch auf die Aussenseite gerathene fremde Körper. Da die Gefässe behufs Ausführung der Reaction aus der Waage genommen, angefasst, auch mit einem feinen leinenen Tuche abgewischt wurden, so war es nöthig zu untersuchen, ob solche Manipulationen von Einfluss sein können. Derartige Prüfungen, von welchen einige bei Silbersulfat und Eisenvitriol Versuch II näher angegeben sind, haben nie bestimmte Wirkungen erkennen lassen. Nur einmal wurde als Ursache einer aufgetretenen Gewichtszunahme von $0^{\text{mg}}1$ ein am Apparate hängendes, vom Staubpinsel stammendes Haar aufgefunden.

Was zweitens die Wägungsfehler betrifft, so waren dieselben durch folgende Ursachen bedingt:

¹ Siehe WARBURG und IMORI. WIED. ANN. 27. 492.

² IMORI. WIED. ANN. 31. 104.

³ Auch KREICHGAUER hat, wie sich aus seinen früher mitgetheilten Wägungen ergibt, keine wesentliche Gewichtsänderung beim Erhitzen der Glasgefässe beobachtet.

a) ungleiche Temperatur der beiden Balkenarme. Um eine möglichst gleichförmige Wärmevertheilung an den Waagen zu bewirken, wurden dieselben wie schon früher bemerkt, mit kupfernen Gehäusen umgeben, und auch noch weitere Vorsichtsmaassregeln getroffen. War der Raum nicht geheizt, so zeigten die in den Waagekasten hincinragenden Thermometer während der etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden betragenden Dauer einer Wägung höchstens eine Temperatursteigerung von $0^{\circ}3$, bei Heizung des Zimmers konnten dagegen Änderungen bis zu 1° eintreten. Gehen diese Ab- oder Zunahmen der Temperatur regelmässig von Statten, so werden sie durch das Wägungsverfahren mit zweimaligen Umtausch der Belastungen compensirt. Dies ist jedoch nicht mehr der Fall, wenn dieselben schwanken. Wenn man bedenkt, dass ein Temperaturunterschied der beiden Balkenarme von nur $\frac{1}{100}^{\circ}$ das Gewicht eines Kilogrammes um $0^{\text{mg}}18$ ändert, so dürften die Differenzen zwischen den einzelnen Wägungen, welche meist einige Hundertstel Milligramme betragen, wohl zum grössten Theil von der genannten Ursache herrühren.

b) ungleiche Lage der Belastungen auf den Waageschalen. Hierüber wurde bei der STÜCKRATH'schen Waage eine Prüfung derart angestellt, dass man bei einem Apparate die in beiden Schenkeln enthaltene Flüssigkeit zuerst gleich, sodann ungleich vertheilte, ferner die Gefässe in um 180° gedrehten Stellungen auf das Schalenkreuz sich niedersenken liess. Die später bei Silbersulfat und Eisenvitriol Versuch II angeführten Wägungen zeigen, dass kein wesentlicher Einfluss sich bemerkbar machte. Ebenso wenig war dies der Fall bei der RUEPRECHT'schen Waage, wo die Apparate in hängender Lage sich befanden.

c) Erschütterungen der Waage. Die beiden Gebäude (Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule und II. chemisches Institut der Universität), in welchen die Versuche vorgenommen wurden, lagen ziemlich erschütterungsfrei, und ich hatte von dem betreffenden Übelstande nicht sehr oft zu leiden.

d) Störungen durch Elektrizität. Veranlasst durch eine von HENNIG¹ gemachte Mittheilung habe ich stets die Waage sowie die Gefässe mittels eines Elektroskops geprüft, wobei es jedoch nur zweimal vorkam, dass ein elektrischer Zustand der Glasapparate und zwar in starkem Grade aufgefunden wurde.

Während die bis dahin genannten Fehlerquellen sich alle leicht erkennen lassen, können aber, wie sich bei den zahlreichen Wägungen herausgestellt hat, noch solche viel gefährlicherer Art auftreten. Es ist mir bei der Ausführung von 32 Wägungsreihen fünfmal der Um-

¹ Zeitschrift für Instrumentenkunde 5. 162.

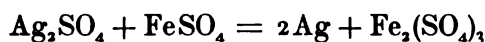
stand vorgekommen, dass die Gewichts-differenz zwischen zwei Apparaten, welche längere Zeit nur um Hundertstel Milligramme geschwankt hatte, plötzlich um 0^{mg}_1 selbst 0^{mg}_2 sich änderte, und von diesem Tage an wieder constant blieb, worauf später ein nochmaliger Sprung in der nämlichen Richtung erfolgen konnte. In einem Falle, wo diess eintrat, und zwar bei der RUEPRECHT'schen Waage, liess sich die Ursache auffinden; sie bestand darin, dass die Mutter der Regulirschraube, welche zum Einstellen der Gleichgewichtslage auf den Nullpunkt der Scale dient, zu locker sass und bei stärkerem Erschüttern der Waage sich drehte. Bei zwei weitem mit dem RUEPRECHT'schen, sowie zwei mit dem STÜCKBATH'schen Instrumente vorgenommenen Wägungsreihen, wo die Erscheinung sich ebenfalls gezeigt hatte, konnte der Grund nicht entdeckt werden. Möglicherweise lag derselbe in einer sprungweisen Verstellung der Pfannen der Gehänge gegen die Endschneiden. Ferner machte ich einmal die Beobachtung, dass bei einer mehrere Wochen hindurch fortgesetzten Wägungsreihe die Gewichts-differenz zweier Apparate täglich um einige Hundertstel Milligramme zunahm; hier lässt sich vermuthen, dass in dem Glase des einen Gefässes entweder ein kleiner Sprung oder von einer Blase herrührender Kanal vorhanden war, durch welchen Flüssigkeit verdunstete. Ein Bild solcher gestörter Beobachtungsreihen, welche zu der Verwerfung des zum Theil schon im vorgeschrittenen Stadium befindlichen Versuchs sowie zu einer lange dauernden Untersuchung der Waage nöthigten, ergibt sich aus den nachstehenden Zahlen:

Datum 1890	A—B	Datum 1891	A—B	Datum 1891	A—B	Datum 1892	A—B
	Vor d. React.		Vor d. React.		Vor d. React.		Vor d. React.
16. Mai	3 ^{mg} 656	4. Nov.	5 ^{mg} 346	3. Jan.	6 ^{mg} 057	10. März	4 ^{mg} 520
18. "	639	5. "	323	5. "	031	12. "	555
21. "	640	6. "	310	6. "	080	13. "	542
22. "	442	7. "	349	7. "	089	14. "	573
23. "	476			8. "	076	16. "	602
25. "	476		Nach d. React.	10. "	036	18. "	648
26. "	438	9. "	5 ^{mg} 218	11. "	221	19. "	653
29. "	455	11. "	236	12. "	262	20. "	672
	Nach d. React.	12. "	227	15. "	251	21. "	670
1. Juni	3 ^{mg} 612	13. "	315			23. "	695
2. "	650	14. "	332			24. "	701
3. "	500	16. "	334			28. "	759
4. "	541	17. "	434				
		19. "	445				
		20. "	420				
		22. "	452				
Versuch mit HJO ₃ und HJ		Versuch mit J und Na ₂ SO ₃		Versuch mit J und Na ₂ SO ₃		Versuch mit Chloroform und Wasser	

Der Verlauf der Wägungsreihen, wenn dieselben ohne Störung von Statten gingen, ist aus dem in der Folge mitgetheilten Beobachtungsmaterial zu ersehen. Immerhin wird in diese meist gut miteinander übereinstimmenden Zahlen durch die obigen Erfahrungen ein Gefühl der Unsicherheit gebracht, und es liess sich nicht verkennen, dass man bei der ganzen Untersuchung immerfort dicht an der Grenze des Leistungsvermögens der Instrumente stand.

Erste Reaction.

Silbersulfat und Eisenvitriol.



Versuch I (October 1890).

Apparate aus Thüringer Glas. Der eine Schenkel wurde beschickt mit 57⁸3 Silbersulfat und 157² Wasser, der andere mit 150⁶ fein krystallisirtem Eisenvitriol (theoretisch erforderliche Menge 103⁵), 60⁸ Wasser und 5⁸ verdünnter Schwefelsäure. Die Reaktionsmasse bestand demnach stoechiometrisch berechnet:

vor der Umsetzung aus: 57⁸3 Ag₂SO₄ und 56⁶39 FeSO₄ = 114²22
 nach „ „ „ : 40⁵02 Ag und 74⁵20 Fe₂(SO₄)₃ = 114²22

Die wirklich abgeschiedene Menge Silber ergab sich am Schlusse des Versuches in dem einen Apparate zu 38⁵22, in dem andern zu 38⁰ statt 40⁵02, die Umsetzung war also nahezu vollständig verlaufen. Bekanntlich bleibt bei der Reduction des Silbersulfates durch Eisenvitriol immer ein kleiner Theil des ersteren unzersetzt.

Die in die Apparate eingefüllte Gesamtmenge Wasser reichte wohl zur Lösung des Eisensalzes, jedoch nicht zu der des Silbersulfates hin, und es ging daher die Reduction des letztern grösstentheils im festen Zustande vor sich. In Folge dessen nahm die vollständige Umsetzung stets mehrere Tage in Anspruch.

Das äussere Volum der fertigen Apparate (A mit Zusatzkörper) betrug nach den hydrostatischen Wägungen:

	App. A	App. B	Differenz
1. bestimmt bei 15 ^o .5	917 ^{ccm} .04	917 ^{ccm} .01	0 ^{ccm} .03
2. ' ' ' 17.0	917.09	917.04	<u>0.05</u>
		Mittel	0 ^{ccm} .04

Gewicht jedes Apparates: 922^g36. A um etwa 1^{mg} schwerer als B.

Die Wägungen waren mittels der RUEPRECHT'schen Waage unter sehr abweichenden Temperaturverhältnissen (Zimmer theils geheizt, theils kalt) vorgenommen worden.

Zweimalige Umwechslung der Belastungen:

Vor der Reaction				Nach der Reaction in Apparat A				Nach der Reaction in Apparat B			
Wäg. Nr.	Datum 1890	Temp.	A — B	Wäg. Nr.	Datum 1890	Temp.	A — B	Wäg. Nr.	Datum 1890	Temp.	A — B
1	7. Oct.	17.0	1 ^{mg} 216	6	20. Oct.	19.7	1 ^{mg} 052	10	29. Oct.	20.5	1 ^{mg} 127
2	9. "	14.9	212	7	21. "	18.0	0.990	11	31. "	16.7	194
3	10. "	17.4	181	8	22. "	22.8	1.038	12	1. Nov.	15.0	214
4	17. "	16.1	200	9	25. "	16.6	1.047	13	3. "	14.0	125
5	18. "	19.0	186					14	6. "	12.7	183
								15	7. "	12.9	132
			Mittel....				1 ^{mg} 032				1 ^{mg} 163
			Wahrsch. Fehler des Mittels				±0.009				±0.011
			Grösste Differenz zwi- schen 2 Wägungen				0.062				0.087

Hiernach hat man:

Reaction in Apparat A.

Vor der Reaction: $A = 922.36 + 1^{mg}199$

Nach " " : $A = 922.36 + \underline{1.032}$

Gewichtsabnahme $0^{mg}167 \pm 0.614$

Gewichtsabnahme der Reactionsmasse (114.22) um $\frac{1}{680000}$
" des Apparates (922.36) " $\frac{1}{5500000}$

Reaction in Apparat B.

Vor der Reaction: $B = A - 1^{mg}032$

Nach " " : $B = A - \underline{1.161}$

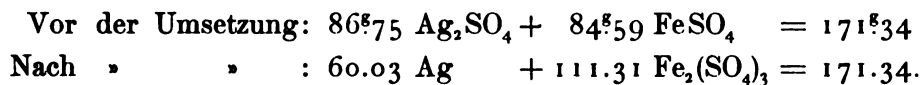
Gewichtsabnahme $0^{mg}131 \pm 0.020$

Gewichtsabnahme der Reactionsmasse (114.22) $\frac{1}{870000}$
" des Apparates (922.36) $\frac{1}{7000000}$

Versuch II.

Apparate aus Jenaer Glas, gefüllt Juni 1891. Die Beschickung des einen Schenkels bestand aus 86.75 Silbersulfat und 238.25 Wasser, die des andern aus 200 Eisenvitriol (theoretische Menge 154 , ent-

haltend 84.59 FeSO_4) und 125^8 mit etwas Schwefelsäure versetztem Wasser. Somit enthielt die Reaktionsmasse:



Der Volumunterschied der fertigen Apparate (*B* mit Zusatzkörper) wurde vor und nach Ausführung der Versuche bestimmt. Aus den in Wasser von verschiedener Temperatur vorgenommenen Wägungen ergab sich:

	App. A	App. B	Differenz	Mittel
Am Anfang:	$\left\{ \begin{array}{l} 868.30 \\ 868.39 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 868.26 \\ 868.35 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.04 \\ 0.04 \end{array} \right.$	$\left. \right\} 0.04$
Am Schlusse:	$\left\{ \begin{array}{l} 868.26 \\ 868.29 \\ 868.31 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 868.20 \\ 868.26 \\ 858.25 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.06 \\ 0.03 \\ 0.06 \end{array} \right.$	$\left. \right\} 0.05$

Das Gewicht jedes Apparates betrug 927.30 . *A* war um etwa 8^{mg} schwerer als *B*.

Der erste Theil des Versuches missglückte, indem nach Vornahme der Reaction in Apparat *A* der letztere eine stetig zunehmende Gewichtsverminderung zeigte, als deren Ursache ein kleiner Sprung an einer der zugeschmolzenen Glasspitzen erkannt wurde. Durch denselben waren binnen einigen Tagen mehrere Milligramme Wasser entwichen.

Nach abermaligem Zuschmelzen der Spitze wurde der zweite Theil des Versuches mit Ausführung der Reaction in Apparat *B* mit Hülfe der STÜCKRATH'schen Waage ausgeführt. Bei den Wägungen bestimmte man zugleich die jeweilige Dichtigkeit der Luft, um zu prüfen ob deren Veränderlichkeit einen Einfluss ausübt. Wie aus den Zahlen ersichtlich, ist ein solcher nicht mit Bestimmtheit zu erkennen, ebensowenig eine Wirkung der wechselnden Temperatur.

Die Wägungen werden zugleich benutzt, um zu prüfen, ob die Apparate Gewichtsveränderungen erkennen liessen, wenn dieselben, wie es behufs Ausführung der Reaction nöthig war, aus der Waage genommen, wiederholt angefasst, leicht mit einem Leintuche abgewischt, und in verschiedenen Lagen wieder in die Waage eingesetzt wurden. Nach Vornahme dieser Manipulationen führte man die Wägung sodann am nächsten Tage aus. Wie aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich, ist ein wesentlicher Einfluss nicht zu constatiren.

In Folge Heizung des Zimmers war die Temperatur bei den verschiedenen Wägungen schwankend.

Gewichtsabnahme der Reaktionsmasse (171^g34) um: $\frac{1}{1300000}$
 » des Apparates (927.30) » $\frac{1}{7000000}$.

Das Resultat der drei Versuche über die Reduction von Silbersulfat durch Eisenvitriol ist schliesslich:

Versuch I^a: 0^{mg}167 Gewichtsabnahme für 114^g22 Reaktionsmasse
 » I^b: 0.131 » » 114.22 »
 » II: 0.130 » » 171.34 »

Hiernach beträgt die Gewichtsverminderung:

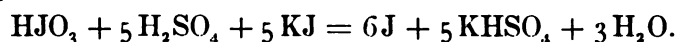
	für 100 ^g Reaktionsmasse	für 100 ^g abgeschiedenen Silbers
Versuch I ^a : 0 ^{mg} 167		0 ^{mg} 417
» I ^b : 0.115		0.327
» II: 0.076		0.217
		<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
		Mittel: 0 ^{mg} 320

Die Beurtheilung dieser Zahlen folgt später.

Zweite Reaction.

Jodsäure und Jodwasserstoff.

Zu der Reaction liess sich wässrige Jodwasserstoffsäure nicht benutzen, weil bei dem langen Stehen der Apparate ein allmähliches Übertreten von Jodwasserstoffgas zu der Jodsäure stattfinden konnte. Es musste in der Weise verfahren werden, dass man in den einen Schenkel Jodsäurelösung nebst Schwefelsäure und in den andern Jodkaliumlösung brachte. Die beim Mischen auftretende Umsetzung war daher folgende:



Versuch I.

Der obigen Gleichung entsprechend ist in die Apparate eingefüllt worden:

Substanzen vor der Umsetzung	Stoichiometrische Menge	Substanzen nach der Umsetzung
in den einen Schenkel	auf 15 ^g	J 64 ^g 92
} HJO ₃ 15 ^g	41.82	KIISO ₄ 58.10
} H ₂ SO ₄ 45	70.80	H ₂ O 4.60
i. d. and. Schenkel	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
KJ 71	127 ^g 62	127 ^g 62

Die für jeden Schenkel bestimmten Substanzen wurden zuerst in einem 200^{cm} Kolben in Wasser gelöst und die Flüssigkeit sodann eingefüllt.

Die Volumbestimmung der fertigen Apparate bei der Temperatur 14.°3 hatte ergeben für:

$$A : 873^{\text{ccm}}45 \quad B : 873^{\text{ccm}}43 \quad \text{Diff.} : 0^{\text{ccm}}02$$

Das Gewicht jedes Apparates betrug 720^g75 und es war *A* um etwa 4^{mg} schwerer als *B*.

Erste Versuchshälfte. Reaction in Apparat *A*.

Zu diesem Versuch, welcher der erste aller vorgenommenen war, hatte die WESTPHAL'sche Waage gedient. Da nur eine einmalige Umwechslung der Belastungen ausgeführt wurde, konnten die Wägungsdifferenzen bis über 0^{mg}1 betragen.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum 1890	<i>A</i> — <i>B</i>	Wäg. Nr.	Datum 1890	<i>A</i> — <i>B</i>
1	8. Jan.	4 ^{mg} 446	16	17. Febr.	4 ^{mg} 423
2	11. "	377	17	18. "	365
3	14. "	363	18	19. "	326
4	15. "	408	19	21. "	374
5	16. "	432	20	22. "	364
6	17. "	410	21	24. "	405
7	18. "	454	22	1. März	291
8	29. "	385	23	3. "	320
9	1. Febr.	453	24	4. "	400
10	4. "	341	25	5. "	339
11	5. "	417	26	6. "	380
12	7. "	344	27	8. "	310
13	8. "	369	28	13. "	298
14	13. "	375	29	31. "	339
15	14. "	409	30	3. April	347
Mittel		4 ^{mg} 399			4 ^{mg} 352
Wahrscheinlich. Fehler des Mittels		±0.007			±0.008
Grösste Differenz zwischen 2 Wägungen .		0.113			0.132

Hiernach war:

$$\text{Vor der Reaction: } A = 720^{\text{g}}75 + 4^{\text{mg}}399$$

$$\text{Nach „ „ } A = 720.75 + \underline{4.352}$$

$$\text{Somit Gewichtsabnahme um: } 0^{\text{mg}}047 \pm 0.015.$$

$$\text{Gew.-Abnahme der Reaktionsmasse (127^g62) : } \frac{1}{2700000}$$

$$\text{„ „ des Apparates (720^g75) : } \frac{1}{15000000}.$$

Zweite Versuchshälfte. Reaction in Apparat *B*.

Hierzu diente die RUEPRECHT'sche Waage. Da bei dieser das Verhältniss der Balkenarme von demjenigen der WESTPHAL'schen Waage

abwich, so musste, um die Belastung der Scale anzupassen, an Apparat *B* ein anderes Stückchen Platindraht als Ausgleichungsgewicht angebracht werden. Hierdurch wurde *B* um etwa 3^{mg} schwerer als *A*. — Doppelte Umwechslung der Belastungen.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum 1890	<i>B</i> — <i>A</i>	Wäg. Nr.	Datum 1890	<i>B</i> — <i>A</i>
1	2. Mai	3 ^{mg} 759	6	9. Mai	3 ^{mg} 654
2	4. "	772	7	10. "	656
3	5. "	755	8	11. "	632
4	6. "	766	9	12. "	682
5	7. "	776	10	13. "	635
Mittel		3 ^{mg} 766			3 ^{mg} 652
Wahrsch. Fehler		±0.003			±0.006
Grösste Differenz zwischen 2 Wägungen.		0.021			0.050

Somit hat man:

Vor der Reaction: $B = 720^{\text{g}}75 + 3^{\text{mg}}766$

Nach " " : $B = 720.75 + \underline{3.652}$

Gewichtsabnahme: $0^{\text{mg}}114 \pm 0.009$

Gewichtsabnahme der Reactionsmasse (127^g62) : $1/1120000$

" des Apparates (720.75) : $1/6300000$.

Versuch II.

Die Beschickung der Apparate war folgende:

	Substanzen vor der Umsetzung	Stoichiom. Menge	Substanzen nach der Umsetzung
In dem einen Schenkel	HJO ₃ 18 ^g 48	18 ^g 48	J 79 ^g 98
	H ₂ SO ₄ 55	51.53	KHSO ₄ 71.56
Im andern	KJ 87.21	87.21	H ₂ O 5.68
		<u>157^g22</u>	<u>157^g22</u>

Die Jodsäure nebst Schwefelsäure wurde in 200^g, das Jodkalium in 185^g Wasser gelöst.

Zwei Volumbestimmungen der fertigen Apparate hatten als Unterschied ergeben:

1. $A = 903^{\text{ccm}}51$ $B = 903^{\text{ccm}}57$ Differenz $0^{\text{ccm}}06$

2. $A = 903.53$ $B = 903.60$ " 0.07

Gewicht jedes Apparates: 756^g95, *A* um etwa 2^{mg} schwerer als *B*. Die Wägungen wurden mittels der RUEPRECHT'schen Waage unter zweimaligem Umtausch der Belastungen vorgenommen.

Erste Versuchshälfte. Reaction in Apparat A.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B
1	22. Febr.	2 ^{mg} 416	6	1. März	2 ^{mg} 315
2	24. "	414	7	2. "	336
3	25. "	448	8	3. "	324
4	26. "	421			
5	27. "	440			
Mittel		2 ^{mg} 428			2 ^{mg} 325
Wahrsch. Fehler des Mittels		±0.005			±0.004
Grösste Differenz zwischen 2 Wägungen.		0.034			0.021

Zweite Versuchshälfte. Reaction in Apparat B.

In Folge Aufstellung der Waage in einem andern Raum und neuer Justirung derselben musste die Differenz A—B abermals bestimmt werden. Sie ergab sich um 0^{mg}2 höher als früher.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B
1	7. März	2 ^{mg} 524	6	28. März	2 ^{mg} 644
2	9. "	545	7	29. "	664
3	10. "	520	8	30. "	657
4	18. "	543	9	31. "	619
5	26. "	557	10	1. April	616
Mittel		2 ^{mg} 538			2 ^{mg} 640
Wahrsch. Fehler des Mittels		±0.005			±0.006
Grösste Differenz zwischen 2 Wägungen.		0.033			0.048

Das Resultat der beiden Versuche ist hiernach:

Reaction in Apparat A

Vor der Reaction: $A = 756^{\text{g}}95 + 2^{\text{mg}}428$

Nach " " $A = 756.95 + \underline{2.325}$

Gewichtsabnahme: $0^{\text{mg}}103 \pm 0.009$.

Reaction in Apparat B

Vor der Reaction: $B = A - 2^{\text{mg}}538$

Nach " " $B = A - \underline{2.640}$

Gewichtsabnahme: $0^{\text{mg}}102 \pm 0.011$.

Gewichtsverminderung der Reactionsmasse $(157^{\text{g}}22) \frac{1}{1500000}$
 " des Apparates $(756^{\text{g}}95) \frac{1}{7400000}$.

Versuch III.

Die Apparate waren in folgender Weise beschickt worden:

	Substanzen vor der Umsetzung	Stöchiom. Mengen	Substanzen nach der Umsetzung
In dem einen Schenkel	HJO ₃ 37 ⁸ .5	36 ⁸ .07	J 160 ⁸ .00
	H ₂ SO ₄ 110	103.07	KHSO ₄ 143.15
Im andern	KJ 174.46	174.46	H ₂ O 11.35
		314 ⁸ .50	314 ⁸ .50

Zur Lösung der Jodsäure waren 220⁸ Wasser, zu derjenigen des Jodkaliums 200⁸ verwandt worden.

Das äussere Volum der Apparate nach dessen Ausgleichung durch einen Hilfskörper betrug bei:

$$A \ 938^{\text{cm}}.89 \quad B \ 938^{\text{cm}}.84 \quad \text{Diff.} \ 0^{\text{cm}}.05$$

Gewicht jedes Apparates 986⁸.74. A um etwa 3^{mg} schwerer als B.

Die beiden Apparate wurden nach der Volumbestimmung 3 Stunden im Luftbade auf 45° erhitzt, sodann im Vacuum und zuletzt im Waagengehäuse 2 Wochen stehen gelassen, ehe man mit den Wägungen begann. RUEPRECHT'sche Waage.

I. Vor der Reaction			II. Nach der Reaction in App. A			III. Nach der Reaction in App. B		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B
1	6. Mai	3 ⁸ .870	5	13. Mai	3 ⁸ .666	13	5. Juni	3 ⁸ .722
2	7. "	870	6	14. "	738	14	6. "	701
3	9. "	884 ¹	7	25. "	706	15	8. "	701
4	10. "	871	8	27. "	709 ²	16	12. "	703 ⁴
			9	29. "	711 ³	17	19. "	711
			10	30. "	673			
			11	2. Juni	688			
			12	3. "	682			
Mittel		3 ⁸ .874			3 ⁸ .697			3 ⁸ .708
Wahrsch. Fehler des Mittels		±0.002			±0.006			±0.003
Grösste Abwei- chung zwischen 2 Wägungen . .		0.014			0.072			0.021

¹ Wägung Nr. 3 war ausgeführt worden nach 1stündigem Erhitzen des Apparates A auf 40°.

² Wägung Nr. 8 nach 2stündigem Erhitzen von A auf 40° und rascher Abkühlung.

³ Wägung Nr. 9 nach 4stündigem Erhitzen beider Apparate auf 45° und langsamer Abkühlung.

⁴ Wägung Nr. 16 nach 2stündiger Erhitzung beider Apparate auf 45°.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist ein Einfluss dieser Erhitzungen auf das Gewicht der Apparate nicht mit Bestimmtheit wahrzunehmen.

Die beiden Versuche haben somit folgende Gewichtsänderungen ergeben:

Reaction in A	
Vor der Reaction:	$A = 986^{\text{g}}74 + 3^{\text{mg}}874$
Nach „ „	$A = 986^{\text{g}}74 + \underline{3.697}$
	Gewichtsabnahme: $0^{\text{mg}}177 \pm 0.008$
Gewichtsabnahme der Reactions-	$(314^{\text{g}}50) : \frac{1}{1200000}$
„ des Apparates	$(986^{\text{g}}74) : \frac{1}{5600000}$

Reaction in B	
Vor der Reaction:	$B = A - 3^{\text{mg}}697$
Nach „ „	$B = A - \underline{3.708}$
	Gewichtsabnahme: $0^{\text{mg}}011 \pm 0.009$
Gewichtsabnahme der Reactions-	$(314^{\text{g}}50) : \frac{1}{29000000}$
„ des Apparates	$(986.74) : \frac{1}{90000000}$

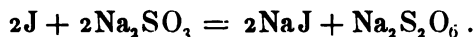
Stellt man schliesslich alle bei den drei Doppelversuchen erhaltenen Gewichtsänderungen zusammen, so zeigt sich folgendes Ergebniss:

Versuch	Reactions- masse	Beob. Gewichts- abnahme	Abnahme für 100 ^f Reactionsmasse
Ia	121 ^g 62	$0^{\text{mg}}047$	$0^{\text{mg}}037$
Ib	„	0.114	0.089
IIa	157.22	0.103	0.066
IIb	„	0.102	0.065
IIIa	314.50	0.177	0.056
IIIb	„	0.011	0.003

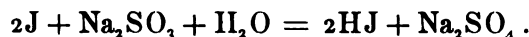
Dritte Reaction.

Jod und Natriumsulfit.

Beim Zusammenbringen dieser beiden Körper können zwei verschiedene Umsetzungen eintreten. Fügt man Jod zu überschüssigem Natriumsulfit, so bleibt die Flüssigkeit neutral und enthält dann dithionsaures Natrium:



Wird umgekehrt zu überschüssigem Jod schwefligsaures Natrium gesetzt, so zeigt die Mischung stark saure Reaction in Folge Bildung von Jodwasserstoff bez. Schwefelsäure:



Bei der Ausführung der nachfolgenden Versuche konnten beide Reactionen gleichzeitig auftreten.

Versuch I.

Der eine Schenkel der Apparate wurde mit 90^g gepulvertem Jod und 200^g Wasser beschickt, der andere mit 134^g $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ und 156^g Wasser, was dem Verhältniss von 2 At. J auf $1\frac{1}{2}$ Mol. Na_2SO_3 entspricht. Um den Übertritt von Joddämpfen zu der Natriumsulfitleösung zu verhindern, habe ich die Flüssigkeit in beiden Schenkeln mit einer etwa 5^{mm} hohen Schicht von Paraffinöl bedeckt, welches Mittel auch bei langem Stehen der Apparate vollständig seinen Zweck erfüllte. Bei der Reaction verschwand das Jod gänzlich.

Gewicht der Reaktionsmasse: $90^g \text{ J} + 67^g \text{ Na}_2\text{SO}_3 = 157^g$. — Volum der ausgeglichenen Apparate: $A = 906^{\text{ccm}}94$, $B = 906^{\text{ccm}}96$; Diff. $0^{\text{ccm}}02$. — Gewicht jedes Apparates 918^g58 ; A um etwa 5^{mg} schwerer als B . — RUEPRECHT'sche Waage. Zweimalige Umwechslung der Belastungen.

Vor der Reaction			
Wäg. Nr.	Datum 1890		$A - B$
1	6. Juli	Ursprünglich	$5^{\text{mg}}488$
2	7. "	Nach 2 stündigem Erhitzen von Apparat A auf 30 bis 32°	519
3	9. "		502
4	11. "		478
5	12. "		482
6	18. "		480
7	19. "	Nach abermaligem 3 stündigem Erhitzen von Apparat A auf 32°	475
8	20. "		492
9	22. "		482
10	23. "	Nach 2 stündigem Erhitzen beider Apparate auf 40°	496
11	25. "		513
12	26. "		508
13	27. "		487
Mittel . . .			$5^{\text{mg}}492$
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels			± 0.003
Grösste Abweichung zwischen 2 Wägungen			0.044

Nach der Reaction in App. A			Nach der Reaction in App. B		
Wäg. Nr.	Datum 1890	$A - B$	Wäg. Nr.	Datum 1890	$A - B$
14	29. Juli	$5^{\text{mg}}599$	19	5. Aug.	$5^{\text{mg}}619$
15	30. "	608	20	6. "	654
16	1. Aug.	582	21	7. "	610
17	2. "	596			
18	3. "	602			
Mittel . . .		$5^{\text{mg}}597$			$5^{\text{mg}}628$
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels		± 0.003			± 0.009
Grösste Abweichung zwischen 2 Wäg. . .		0.026			0.034

Das Ergebniss der beiden Versuche ist somit:

Reaction in Apparat A.

Vor der Reaction: $A = 918^{\text{g}}58 + 5^{\text{mg}}492$

Nach „ „ $A = 918.58 + \underline{5.597}$

Zunahme: $0^{\text{mg}}105 \pm 0.006$

Reaction in Apparat B.

Vor der Reaction: $B = A - 5^{\text{mg}}597$

Nach „ „ $B = A - \underline{5.628}$

Abnahme: $0^{\text{mg}}031 \pm 0.012$

Versuch II.

Die Beschickung der aus Jenaer Glas hergestellten Apparate betrug in dem einen Schenkel 110^{g} Jod und 200^{g} Wasser, in dem andern 164^{g} $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ und 145^{g} Wasser. — Gewicht der Reactionsmasse: 110^{g} J + 82^{g} $\text{Na}_2\text{SO}_3 = 192^{\text{g}}$. — Volum der ausgeglichenen Apparate: $A = 969^{\text{cm}^3}990$, $B = 969^{\text{cm}^3}965$; Differenz $0^{\text{cm}^3}025$ — Gewicht: $913^{\text{g}}65$.

Erste Versuchshälfte. Reaction in Apparat A.

RUEPRECHT'sche Waage. Zweimalige Umwechselung der Belastungen.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A — B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A — B
1	30. Juli	4 ^{mg} 436	6	10. Aug.	4 ^{mg} 473
2	2. Aug.	509	7	12. "	495
3	4. "	497	8	13. "	486
4	6. "	472	9	14. "	448
5	8. "	456	10	15. "	477
	Mittel....	4 ^{mg} 474			4 ^{mg} 476
	Wahrsch. Fehler des Mittels	±0.009			±0.005
	Grösste Abweichung zwischen 2 Wäg. ...	0.073			0.047

Zweite Versuchshälfte. Reaction in Apparat B.

STÜCKRATH'sche Waage. Um die Belastungen der Scale des Instrumentes anzupassen, musste der als Ausgleichungsgewicht dienende Platindraht geändert werden, wodurch sich die Differenz $A - B$ verschob und vor der Reaction nochmals zu bestimmen war.

Vor der Reaction			Nach der Reaction		
Wäg. Nr.	Datum	A—B	Wäg. Nr.	Datum	A—B
1	1891 11. Dec.	8 ^{mg} 073	10	1891 27. Dec.	8 ^{mg} 173
2	13. "	8.038	11	28. "	147
3	14. "	8.021	12	29. "	133
4	16. "	7.979	13	29. "	137
5	16. "	8.021	14	30. "	153
6	17. "	8.060	15	31. "	146
7	18. "	7.987	16	1892 2. Jan.	160
8	22. "	8.057	17	4. "	132
9	23. "	8.002	18	7. "	198
Mittel		8 ^{mg} 026			8 ^{mg} 153
Wahrsch. Fehler des Mittels		±0.007			±0.005
Grösste Differenz zwischen 2 Wägungen.		0.094			0.066

Man hat somit:

Reaction in Apparat A

Vor der Reaction: $A = 913.65 + 4.474$

Nach " " $A = 913.65 + 4.476$

Zunahme: 0.002 ± 0.014

Reaction in Apparat B

Vor der Reaction: $B = A - 8.153$

Nach " " $B = A - 8.153$

Abnahme: 0.127 ± 0.012 .

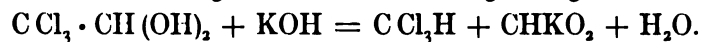
Das Endresultat der beiden Doppelversuche ist folgendes:

Versuch I. $\begin{cases} a + 0.105 \\ b - 0.031 \end{cases}$

Versuch II. $\begin{cases} a + 0.002 \\ b - 0.127 \end{cases}$

Vierte Reaction.

Chloralhydrat und Kaliumhydroxyd.



Apparate aus Jenaer Glas, der eine Schenkel beschickt mit 150^g gepulvertem Chloralhydrat, der andere mit einer Lösung von 55^g Ätzkali (theor. Menge 51^g) in 100^g Wasser. Nach der Umsetzung mussten entstanden sein 108^g Chloral, 76^g Kaliumformiat und 17^g Wasser. Ge-

wicht der Reactionsmasse 201^g. Gewicht jedes Apparates 670^g20. Volum der Apparate: $A = 894^{\text{cm}^3}86$, $B = 894^{\text{cm}^3}82$, Diff. $0^{\text{cm}^3}04$.

RUEPRECHT'sche Waage. — Da die Gewichtsbestimmung Nr. 10 nach Vornahme der Reaction in B vollständig mit den frühern zusammenfiel, so wurden die Wägungen nicht weiter fortgesetzt.

Vor der Reaction			Nach der Reaction in Apparat A			Nach der Reaction in Apparat B.		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A — B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A — B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A — B
1	1. Juli	4 ^{mg} 081	6	12. Juli	4 ^{mg} 074	10	9. Aug.	4 ^{mg} 051
2	3. "	068	7	24. "	053			
3	5. "	010	8	2. Aug.	075			
4	7. "	022	9	3. "	029			
5	9. "	050						
Mittel		4 ^{mg} 046			4 ^{mg} 058			
Wahrsch. Fehler des Mittels		±0.009			±0.007			
Grösste Abweichg. zwischen 2 Wäg.		0.071			0.046			

Das Ergebniss ist:

	Reaction in App. A.	Reaction in App. B.
Vor der Reaction	$A = 670^{\text{g}}20 + 4^{\text{mg}}046$	$B = A - 4^{\text{mg}}058$
Nach der Reaction	$A = 670.20 + 4^{\text{mg}}058$	$B = A - 4^{\text{mg}}051$
	Zunahme: $0^{\text{mg}}012$	Zunahme: $0^{\text{mg}}007$
	±0.016	

Das Mittel $0^{\text{mg}}01$ entspricht einer Änderung:

des Gewichtes der Reactionsmasse um	$1/20000000$
„ „ des Apparates	$1/67000000$

Die beiden beobachteten Abnahmen liegen innerhalb der Versuchsfehler und es hat sich demnach bei der Reaction zwischen Chloralhydrat und Aetzkali keine Gewichtsänderung nachweisen lassen.

Versuche über etwaige Gewichtsänderungen beim Lösungsprocess.

Die Veranlassung zu den folgenden Wägungen lag in dem Umstande, dass die anfänglich ausgeführten Versuche über die Reduction von Silbersulfat sowie Jodsäure eine Gewichtsabnahme ergeben hatten, während bei der Umsetzung zwischen Jod und Natriumsulfit eine Gewichtszunahme auftrat. In den beiden ersten Fällen findet Abscheidung eines festen Körpers (Silber oder Jod) statt, und wenn aus den specifischen Gewichten der einzelnen in den Apparaten vorhandenen flüssigen und festen Bestandtheile die mittlere Dichte des Ge-

sammtinhaltes berechnet wird, so zeigt sich, dass diese nach der Reaction grösser ist als vorher. Umgekehrt wird bei dem Verschwinden von festem Jod mittels Natriumsulfit die mittlere Dichte der Masse kleiner. Die Änderungen waren beispielsweise bei einigen der frühern Versuche folgende:

Silbersulfat und Eisenvitriol. Versuch I.

Mittlere Dichte des	{	vor der Reaction:	1.2332
Inhaltes der Apparate		nach »	1.2538
			Zunahme: 0.0206 = 1.67 Proc.

Jodsäure und Jodwasserstoff. Versuch I.

Mittlere Dichte des	{	vor der Reaction:	2.2196 ¹
Inhaltes der Apparate		nach »	1.2287 ¹
			Zunahme: 0.0091 = 0.75 Proc.

Jod und Natriumsulfit. Versuch I.

Mittlere Dichte des	{	vor der Reaction:	1.2686
Inhaltes der Apparate		nach »	1.2480
			Abnahme: 0.0200 = 1.58 Proc.

Somit schien ein Zusammenhang zwischen diesen Änderungen der Dichte und den bei den Reactionen beobachteten Ab- und Zunahmen des absoluten Gewichtes nicht unmöglich zu sein, und in Folge dessen lag es nahe, Systeme von Körpern anzuwenden, welche vor und nach der Umsetzung eine möglichst grosse Verschiedenheit der mittlern Dichte besitzen. Dies lässt sich am einfachsten erreichen durch Auflösen fester Körper in Wasser, und ich habe hierfür Chloralhydrat angewandt.

Chloralhydrat und Wasser.

Die Dichte des festen Chloralhydrats beträgt nach Bestimmungen, welche Hr. PLATH ausführte, 1.9093, und wenn der eine Schenkel der Apparate mit 3 Th. dieser Substanz, der andere mit 1 Th. Wasser beschickt wird, so muss die mittlere Dichte des Inhaltes 1.5557 betragen. Für eine 75 procentige Chloralhydratlösung ergab sich dagegen

¹ Beispielsweise aus folgenden Zahlen berechnet: Vor der Reaction besass die in dem einen Schenkel eingefüllte Jodsäurelösung das specif. Gewicht $d_{20}^{20} = 1.1915$, die im andern Schenkel befindliche Jodkaliumlösung das specif. Gewicht 1.2490; das absolute Gewicht jeder Flüssigkeit betrug 248.6. — Nach der Reaction waren vorhanden: 64.92 Jod vom specif. Gewicht 4.922, und 432.28 Flüssigkeit, deren Dichte = 1.1042 gefunden wurde.

das spec Gew. $d_{20}^{20} = 1.4787$; es findet demnach beim Lösungsprocess eine Verminderung der Dichte um 0.0770, entsprechend 4.95 Procent statt. Dieser Betrag übersteigt bedeutend denjenigen, welcher bei den chemischen Reactionen auftrat, und wenn die oben genannte Vermuthung richtig war, so musste eine erhebliche Änderung und zwar Zunahme des absoluten Gewichtes erwartet werden.

In die angewandten Apparate wurden einerseits 312^g gepulvertes Chloralhydrat, anderseits 104^g Wasser eingefüllt und die Oberfläche des letztern mit einer dünnen Schicht flüssigen Paraffins bedeckt, um die Verdunstung zu verhindern. Das äussere Volum der durch einen Zusatzkörper ausgeglichenen Gefässe betrug für A 878^{ccm}72, für B 878^{ccm}80; Differenz 0^{ccm}08. Gewicht 698^g62¹. STÜCKRATH'sche Waage. Der Lösungsprocess ist bloss in einem der beiden Apparate vorgenommen worden.

Vor der Auflösung			Nach der Auflösung		
Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B	Wäg. Nr.	Datum 1891	A—B
1	15. April	5 ^g 696	6	22. April	5 ^g 695
2	16. "	703	7	23. "	721
3	17. "	705	8	23. "	713
4	18. "	731	9	24. "	686
5	19. "	719	10	25. "	723
	Mittel....	5 ^g 711			5 ^g 708
	Wahrsch. Fehler des Mittels	±0.004			±0.005
	Grösste Abweichung zwischen 2 Wäg....	0.035			0.035

Das Gewicht vor und nach der Auflösung ist völlig unverändert geblieben, und es können daher die bei den chemischen Reactionen beobachteten Ab- und Zunahmen des Gewichtes nicht von blossen Dichte-Änderungen der Körper herrühren.

Dieses Resultat ist auch in Bezug auf die bekannten Aetherstoss-theorien der Schwere von Interesse. Nach denselben müsste, wenn die Dichtigkeit einer Masse sich ändert, deren gravitirende Wirkung hierdurch beeinflusst werden. Diese Frage ist bis jetzt experimentell nicht entschieden, der obige Versuch spricht gegen jene Hypothesen.

Ein zweiter Versuch musste leider unterbrochen werden, weil die Gewichts-differenz der beiden Apparate von Anfang an eine all-

¹ Zu diesem Gewicht kam noch dasjenige eines vergoldeten Messungstativs, in welches der Apparat gesetzt und mit diesem zusammen gewogen wurde. Die ganze Belastung jeder Waageschale betrug 1315^g. Später wurde jenes Stativ durch ein leichteres ersetzt.

mähliche Zunahme zeigte, und zwar wahrscheinlich in Folge einer kleinen Öffnung am Gefässe *B*, welche sich jedoch nicht entdecken liess. Siehe die Tabelle am Schlusse des Abschnittes über die Fehlerquellen.

Resultate.

Die folgende Tabelle enthält zunächst eine Zusammenstellung der erhaltenen Versuchszahlen:

Reaction	Versuch	I	II	III	IV	V
		Gewicht des Apparates	Gewicht der Reactions-Masse	Beobachtete Gewichts-Änderung	Wahrscheinl. Fehler der Wägungen	Gewichts-Änderung für 100 ^g React.-Masse
Silbersulfat und Eisenvitriol	I a	922 ^g	114 ^g .2	— 0 ^{mg} .167	± 0 ^{mg} .014	— 0 ^{mg} .146
	I b	.	.	— 0.131	0.020	— 0.115
	II	927	171.3	— 0.130	0.012	— 0.076
Jodsäure und Jodwasserstoff	I a	721 ^g	127 ^g .6	— 0 ^{mg} .047	± 0 ^{mg} .015	— 0 ^{mg} .037
	I b	.	.	— 0.114	0.009	— 0.089
	II a	757	157.2	— 0.103	0.009	— 0.066
	II b	.	.	— 0.102	0.011	— 0.065
	III a	987	314.5	— 0.177	0.008	— 0.056
	III b	.	.	— 0.011	0.009	— 0.003
Jod und Natriumsulfit	I a	919 ^g	157 ^g .0	+ 0 ^{mg} .105	± 0 ^{mg} .006	+ 0 ^{mg} .067
	I b	.	.	— 0.031	0.012	— 0.020
	II a	914	192.0	+ 0.002	0.014	+ 0.001
	II b	.	.	— 0.127	0.012	— 0.066
Chloralhydrat u. Ätzkali	a	670 ^g	201 ^g .0	+ 0 ^{mg} .012	± 0 ^{mg} .016	+ 0 ^{mg} .006
	b	.	.	+ 0.007	—	+ 0.003
Chloralhydrat u. Wasser		699 ^g	416 ^g	— 0 ^{mg} .003	± 0 ^{mg} .009	—

Aus dieser Tabelle lassen sich nachstehende Ergebnisse ableiten:

1. Die Reaction zwischen Silbersulfat und Eisenvitriol hat bei allen drei Versuchen eine Gewichtsabnahme von 0^{mg}.130 bis 0^{mg}.167 ergeben, welche den wahrscheinlichen Fehler der Wägungen um das 6 bis 12 fache übersteigt. Trotzdem kann das Auftreten einer solchen Gewichtsänderung noch keineswegs als sicher festgestellt erachtet werden, denn es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass vielleicht in jedem dieser drei Fälle eine der früher erwähnten plötzlichen Versetzungen der Waage bei dem Herausnehmen des Apparates stattgefunden hat. Wie ferner die bei Jod und Natriumsulfit Vers. I^a und II^b (Col. III) beobachteten Gewichtsänderungen von + 0^{mg}.105 und — 0^{mg}.127 zeigen, kann der bei einem Versuch auftretende Gesamtfehler bis über 0^{mg}.1 hinausgehen. Endlich ist noch der Umstand

verdächtig, dass die bei der Abscheidung von Silber stattgefundenen Gewichtsabnahmen sich nach Col. V nicht proportional den angewandten Reactionsmassen erweisen. Aus diesen Gründen wären noch mehrfache Wiederholungen des Versuches nöthig, um die Frage mit Sicherheit zu entscheiden.

Ein bestimmtes Resultat kann indessen schon jetzt aus diesen Beobachtungen gezogen werden: Nimmt man die erhaltene Gewichtsabnahme als wirklich stattfindend an, so lässt sich prüfen, ob dieselbe auf das Atomgewicht des Silbers einen solchen Einfluss ausübt, dass dadurch dessen Abweichung von einer ganzen Zahl erklärlich wird. Wie bekannt hat STAS eine Reihe von Atomgewichtsbestimmungen des Silbers mittels Reduction von Silbersulfat durch Wasserstoff ausgeführt, und wenn auch dieser Process nicht völlig mit dem bei Anwendung von Eisenvitriol vor sich gehenden übereinstimmt, so hat man doch in beiden Fällen den Übergang von Silbersulfat in metallisches Silber. In der folgenden Tabelle enthält Col. I sowie II die von STAS¹ angegebenen Versuchszahlen, III das aus denselben mit Zugrundelegung von $O = 16$ und $S = 32.074$ abgeleitete Atomgewicht des Silbers, und IV das letztere bezeichnet unter der Annahme, dass je 100^g aus Silbersulfat abgeschiedenen Silbers um $0^{mg}32$ zu leicht gefunden werden. Diese Zahl folgt als Mittel aus den oben mitgetheilten drei Gewichtsabnahmen.

Versuch von STAS Nr.	I	II	III	IV
	Angewandtes Silbersulfat	Erhaltenes Silber	Atomgewicht des Silbers	Atomgewicht mit Correction
1	72 ^g 137	49 ^g 919	107.9289	107.9298
2	60.251	41.692	9133	9142
3	81.023	56.071	9468	9477
4	83.115	57.523	9727	9737
5	55.716	38.5595	9641	9650
6	63.922	44.2355	9392	9401

Wie ersichtlich wird durch die Correction das Atomgewicht des Silbers nur um 0.0009 vergrößert, während die aus den verschiedenen Analysen sich ergebenden Werthe schon in der zweiten Decimale um mehrere Einheiten von einander abweichen; es übt somit die fragliche Gewichtsänderung, wenn sie wirklich auftreten sollte, keinen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss aus. Wenn das Atomgewicht sich auf 108 ($O = 16$) erhöhen sollte, müsste bei der Abscheidung

¹ Die Zahlen finden sich in den älteren «Recherches sur les rapports réciproques des poids atomiques» von J. S. STAS, sowie in der ARONSTEIN'schen Übersetzung der «Nouvelles recherches etc.» S. 218.

von 100^g Silber aus dem Sulfate eine Gewichtsabnahme von 25^{mg}28 stattfinden. Setzt man mit Zugrundelegung der Wasserstoffeinheit $Ag = 107.668$, so würde sogar eine Verminderung um 118^{mg} erforderlich sein.

2. Bei der Reaction zwischen Jodsäure und Jodwasserstoff haben die sechs Versuche sämmtlich eine Gewichtsabnahme ergeben. Dieselbe ist jedoch zweimal (Vers. Ia und IIIb) so klein (0^{mg}047 und 0^{mg}011) ausgefallen, daß sie dem wahrscheinlichen Fehler der Wägung sehr nahe steht, und man daraus auf ein völliges Constantbleiben des Gewichtes bei der chemischen Umsetzung schliessen kann. In den vier andern Fällen übersteigt die Gewichtsänderung von 0^{mg}102 bis 0^{mg}177 die Wägungsfehler sehr bedeutend, und sie zeigt sich auch, wie aus Col. V ersichtlich, annähernd proportional der Reactionsmasse. Bedenkt man aber, dass, wie aus den bei Jod und Natriumsulfit erhaltenen positiven und negativen Zahlen hervorgeht, der mögliche Fehler eines Versuches über 0^{mg}1 betragen kann, so wird man auch hier die beobachtete Gewichtsabnahme noch durchaus nicht als sicher constatirt ansehen dürfen. Immerhin bleibt es auffallend, dass nie eine Gewichtsvermehrung gefunden wurde.

3. Die vier Versuche betreffend die Umsetzung zwischen Jod und Natriumsulfit haben zweimal eine Zunahme und zweimal eine Abnahme des Gewichtes ergeben und zwar in Beträgen, welche sich nahezu aufheben. Hiernach muss bei dieser Reaction eine völlige Unveränderlichkeit des Gewichtes als höchst wahrscheinlich angenommen werden.

4. Bei der Zersetzung des Chloralhydrats durch Ätzkali liessen die zwei Versuche keine Gewichtsänderung erkennen, denn die aufgetretenen Differenzen bleiben unterhalb der Wägungsfehler.

5. Beim Auflösen von Chloralhydrat in Wasser ist das Gewicht völlig unverändert geblieben.

Das Endresultat der Untersuchung ist somit, dass bei keiner der angewandten Reactionen sich eine Gewichtsänderung mit Bestimmtheit hat constatiren lassen. Wenn solche dennoch bestehen sollten, so sind sie, wie die Versuche über die Abscheidung von Silber und von Jod gezeigt haben, von einer derartigen Kleinheit, dass dadurch die stochiometrischen Rechnungen in keiner Weise beeinflusst werden. Demzufolge ist auch die der ganzen Arbeit zu Grunde gelegte Frage, ob die Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Zahlen etwa davon herühren, dass bei den chemischen Umsetzungen der Körper eine gewisse Menge wägbaren Aethers aus- oder eintritt, im verneinenden Sinne entschieden. Damit schliesst sich der letzte Ausweg, welcher der Prout'schen Hypothese noch offen geblieben war.

Eine weitere Fortsetzung dieser Versuche schien mir nicht mehr nothwendig zu sein, besonders da das Ergebniss derselben mit demjenigen übereinstimmt, welches schon STAS sowie KREICHGAUER bei Anwendung ganz anderer Reactionen erhalten hatten. Wenn sich auch die Genauigkeit der Gewichtsbestimmungen noch günstiger gestalten lässt, namentlich durch völliges Constanthalten der Temperatur des Waagenzimmers, so ist es doch zweifelhaft, ob man bei der Wägung von Glasgefässen, welche ungefähr 1 Liter Volum und 1 Kilogramm Gewicht besitzen, jemals dazu gelangen wird, kleinere Unterschiede als $0^{\text{mg}}1$ mit Sicherheit festzustellen. Aber selbst im Falle dies gelänge, würden wie schon oben bemerkt, die etwa beobachteten Gewichtsänderungen ihres minimalen Betrages wegen für die Chemie doch von keiner reellen Bedeutung sein. In physikalischer Hinsicht dürfte es dagegen wohl Interesse bieten, die nicht genügend aufgeklärten Gewichtsabnahmen, welche sich bei der Reduction von Silber und Jod stets gezeigt haben, durch eine Reihe weiterer Versuche auf ihr wirkliches Bestehen zu prüfen, denn es herrscht immerhin keine vollständige Sicherheit darüber, dass dieselben sämmtlich auf Beobachtungsfehlern beruhen.

INHALTSVERZEICHNISS.

	Seite
12. KLEIN: Über das Arbeiten mit dem in ein Polarisationsinstrument umgewandelten Polarisationsmikroskop und über eine dabei in Betracht kommende, vereinfachte Methode zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung	123
13. ENGLER: Über die Verwerthung anatomischer Merkmale bei der systematischen Gliederung der Icadinaceae (hierzu Taf. II)	149
14. GAD: Einige Grundgesetze des Energie-Umsatzes im thätigen Muskel	173
15. LANDOLT: Untersuchungen über etwaige Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch nicht umsetzender Körper	187

ABHANDLUNGEN DER AKADEMIE

aus den Jahren 1891, 1892, 1893.

NÖLDEKE: Das arabische Märchen vom Doctor und Garkoch	M. 3.00
CURTIS: Die Tempelgabel von Olympia	• 2.00
SCHULZE: Über <i>Trichoptera adhaerens</i>	• 1.50
ENGLER: Über die Hochgebirgsflora des tropischen Africa	• 20.—
WEINROLD: Glücksrad und Lebensrad	• 2.50
SCHWENDENER und KRABBE: Untersuchungen über die Orientirungstheorien der Blätter und Blüthen	• 6.30
SCHULZE: Über die inneren Kiemen der Batrachielarven. II.	• 6.—
ENGLER: Die systematische Anordnung der monokotyledonen Angiospermen	• 2.50
DÜMMLER: Sigeberts von Gembloux Passio Sanctae Lucae und Passio Theaeorum	• 6.50
—	
KAYSER und RUNGE: Die Spectren der Elemente. IV.	M. 4.80
KAYSER und RUNGE: Die Spectren der Elemente. V.	• 5.—
BRÄUER: Über das Ei von <i>Branchipus Grubii</i> n. Dyb. von der Bildung bis zur Ablage	• 4.80
KAYSER und RUNGE: Die Spectren der Elemente. VI.	• 2.—
SCHREINER: Der grosse Sternhaufen im Hercules Messier 15	• 3.50
MILCHENCKER: Untersuchungen über die Demercurierung des Kleisthenes	• 2.50

